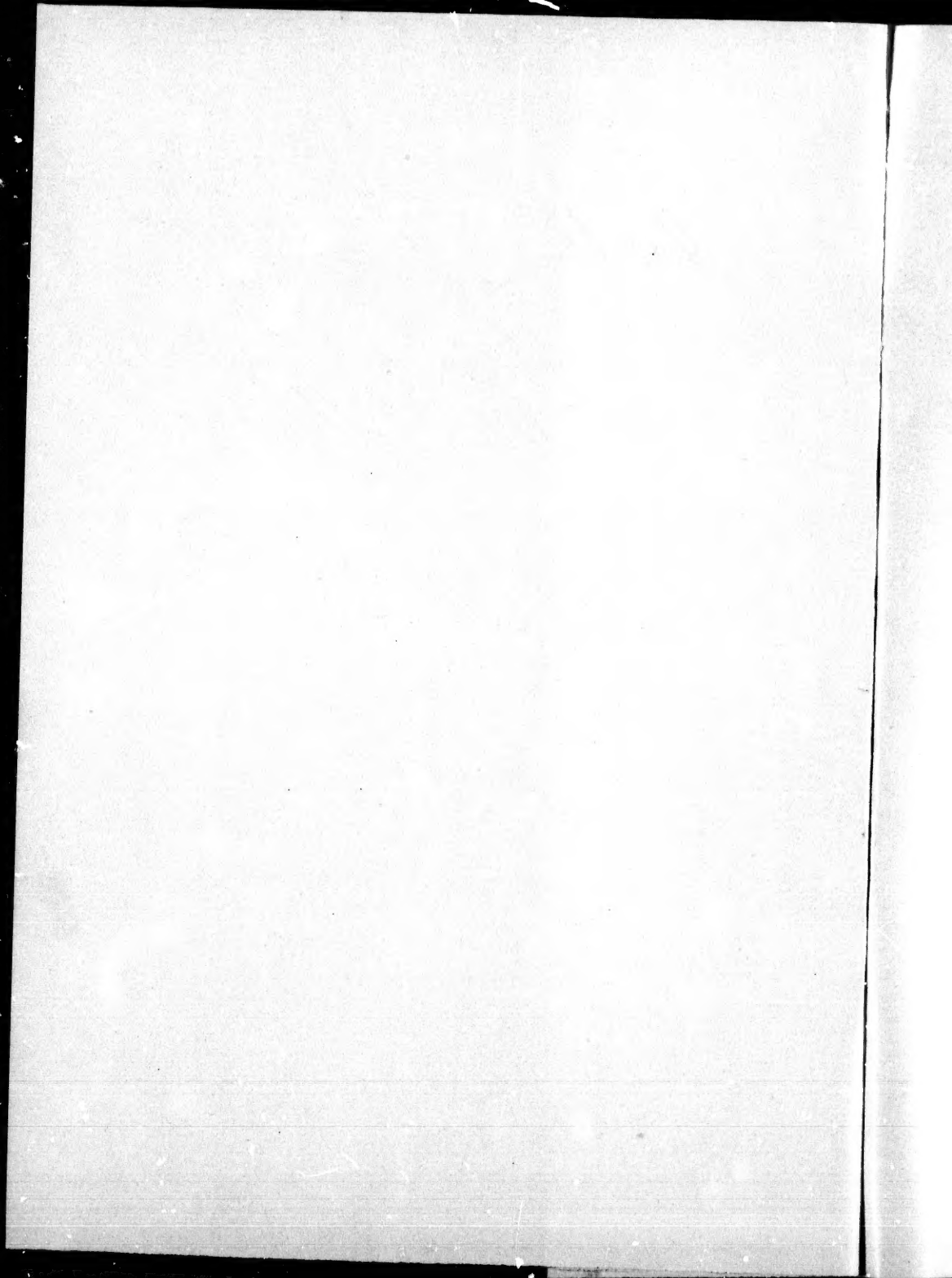
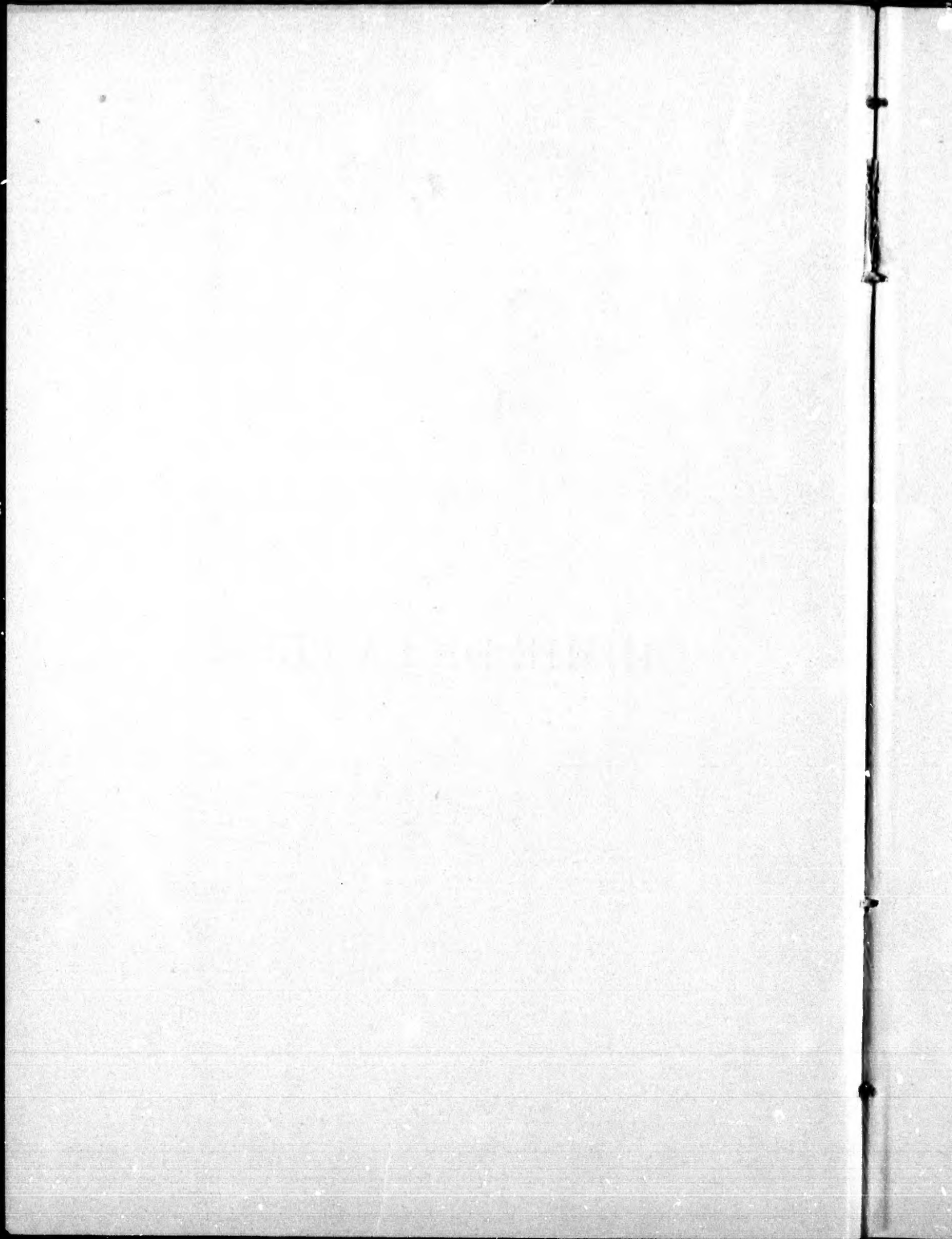




LA

CHIMIE DE LA FERME



MANUEL DU FERMIER

No. 1.

LA CHIMIE DE LA FERME



LÉVIS
MERCIER & CIE.
LIBRAIRES, IMPRIMEURS, ÉDITEURS
17-23 Côte du Passage

S-85
W3713

PREFACE.

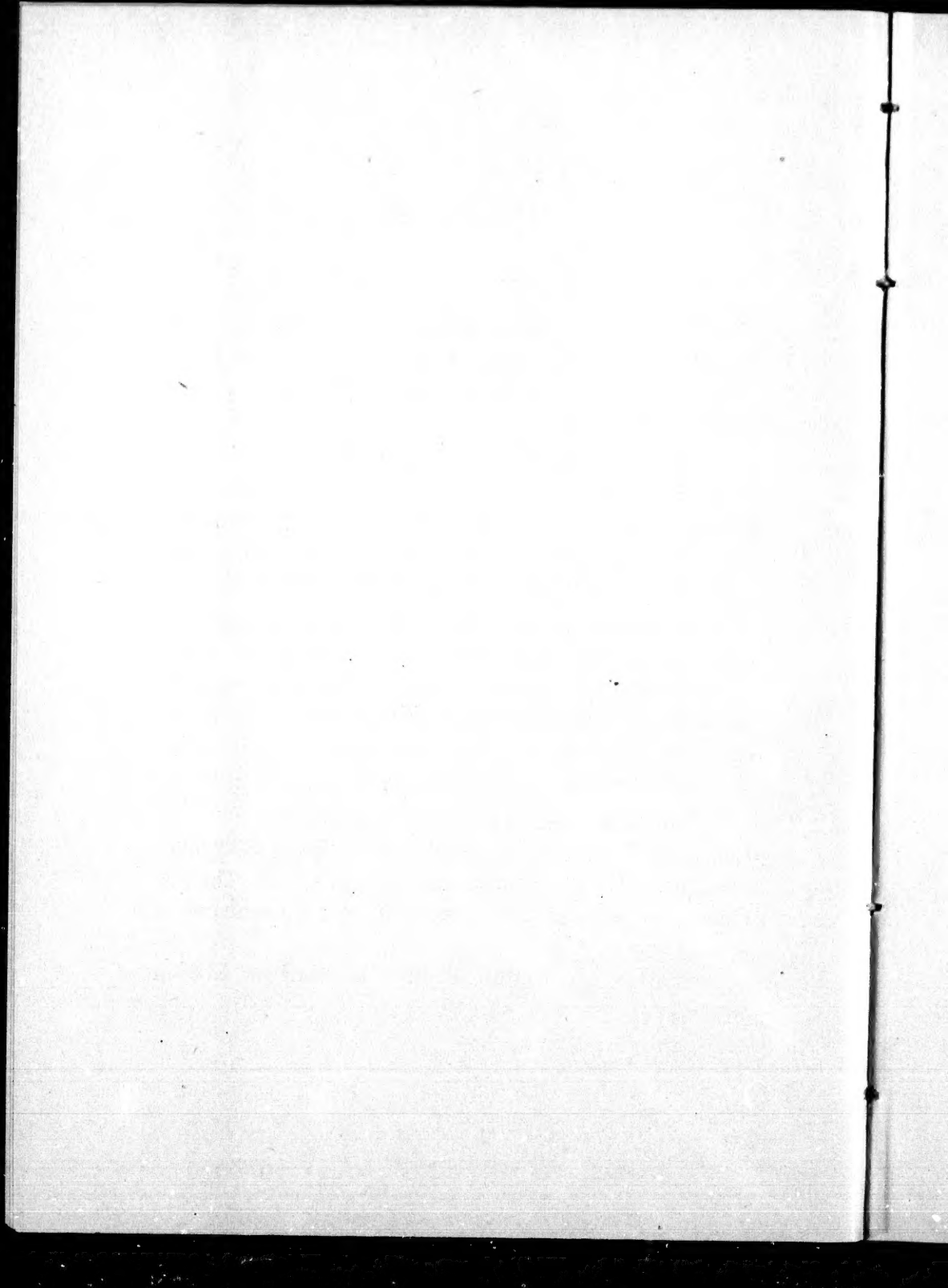
Ce petit livre est la traduction en français d'un des ouvrages d'une série très intéressante de petits livres bien connus sous le nom de "*Morton's Hand Books of the Farm.*"

Ces livres ont reçu en Angleterre et à l'étranger un accueil qui prouve bien leur valeur, et nous avons pensé que le public agricole de la province de Québec verrait avec plaisir la traduction de l'un d'eux : "*La Chimie de la Ferme*" par Warrington F. R. S.

Ce volume est un résumé très condensé, mais en même temps très clair, des faits généralement admis à l'heure actuelle comme principes fondamentaux de la chimie de la ferme. Quelques modifications cependant ont dû y être apportées par suite de la différence de notre climat avec celui de l'Angleterre.

Ont prêté leur concours au traducteur : M. G. Boron, professeur de l'Agriculture à l'Ecole d'Agriculture des RR. PP. Trappistes d'Oka, et M. Gabriel Henry, employé au Département de l'Agriculture, à Québec.

Ce livre est traduit d'après la dixième édition anglaise.



CHAPITRE I.

CROISSANCE DE LA PLANTE.

Parties constituant des plantes.—Eau.—Éléments combustibles de la matière végétale—Proportion des éléments minéraux contenus dans ses diverses parties—Éléments essentiels et non-essentiels des cendres—Analyse d'un échantillon d'herbages—Fonction des feuilles—Assimilation du carbone de l'air—Transpiration.—*Fonction des racines.*—Absorption des éléments minéraux du sol—Pouvoir sélecteur des plantes—Absorption des matières azotées—Cas d'accouplement de racines avec des organismes étrangers.—*Rôle de la cendre.*—Rôle des éléments essentiels et rôle des éléments non-essentiels de la cendre—Variation des éléments minéraux suivant le sol, les engrais et les saisons—Composition des cendres normales.—*Germination.*—Caractères généraux des semences—Conditions et nature de la germination.—*Développement des plantes.*—Plantes annuelles—Ordre dans lequel sont assimilées les parties constituant de la plante—Épuisement des racines et de la tige pendant la formation de la semence—Plantes bisannuelles et vivaces—Réserves d'aliments pour la saison suivante—La sève du printemps est riche en sucre.

Il faut d'abord connaître les parties constituant des de la plante, avant de vouloir en étudier la nature intime et les relations qu'elles ont entre elles.

Parties constituant des plantes.—La plante est surtout composée d'eau. Plusieurs végétaux succulents, tels que les turnips (navets) et la laitue, contiennent

plus de 90 pour cent d'eau. Du bois de charpent e abattu pendant les plus grandes sécheresses, ne contient pas moins de 40 p. c. d'eau.

Quand on brûle une branche d'arbre, la majeure partie en est consumée, et se réduit à l'état de gaz ; il ne reste qu'une quantité relativement petite de cendres. Un phénomène identique se présente quand on brûle une partie d'une plante quelconque. On peut donc diviser en deux classes, les parties sèches des plantes : les parties combustibles et les parties incombustibles.

La partie *combustible* des plantes comprend six éléments, savoir : le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le soufre avec un peu de phosphore ; une plante ne pourrait vivre sans le concours de ces six éléments. Le carbone, généralement, constitue la moitié de la matière sèche combustible de la plante ; l'azote dépasse rarement 4 p. c. de la matière sèche, on le rencontre ordinairement à un taux moindre ; le soufre et le phosphore y existent en petites quantités ; le reste est de l'oxygène et de l'hydrogène.

Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène forment la cellulose, le ligneux, la pectine, les gommés, l'amidon, la dextrine, le sucre, la graisse et tous les acides organiques que contiennent les plantes. Les mêmes éléments, combinés avec de l'azote, constituent les amides et les alcaloïdes qui, unis avec le soufre, forment les albuminoïdes si essentiels à la constitution des plantes.

Les parties *incombustibles*, ou cendres, n'existent dans les plantes qu'en minime quantité. Le bois de charpente, provenant d'essences forestières, ne contient

que 0.2—0.4 parties de cendres sur 100 parties de matière sèche. La semence dépouillée de la matière solide, de l'enveloppe (cosse, coquille, balle, etc.), contient généralement 2—5 p. c. de cendres ; la paille des céréales 4—7 p. c. ; les racines et les tubercules 4—8 p. c. ; le foin, 5—9 p. c. Les feuilles, et surtout les feuilles vieilles, contiennent la plus grande proportion de cendres. Les cendres des feuilles de certaines plantes-racines (carottes, navets, salsifis, etc.) contiennent 10--25 p. c. de la matière sèche.

Les cendres sont composées de quatre éléments chimiques en sus d'une certaine quantité de phosphore et de soufre ; ces éléments sont : du potassium, du magnésium, du calcium et du fer. Les six éléments ci-dessus, quoique n'existant qu'en très petite quantité dans les plantes, sont pourtant indispensables à la vie de ces dernières. Les cendres, outre les éléments qu'on vient d'énumérer, contiennent généralement du sodium, du silicium et du chlore, très souvent du manganèse et peut-être des quantités infiniment petites d'autres éléments. Quoique ces derniers éléments ne soient pas indispensables à la vie des plantes, ils remplissent pourtant tous des fonctions utiles.

Les métaux dont nous venons de parler plus haut, se trouvent dans les plantes sous forme de sels, parce qu'ils sont combinés avec les acides phosphorique, nitrique, sulfurique et de nombreux acides organiques tels que : les acides formique, acétique, oxalique, malique, tartrique et citrique. Les métaux se rencontrent parfois sous forme de chlorures. Le phosphore s'y rencontre sous forme de phosphates et en petite quantité dans les combinaisons organiques ; le silicium, sous

forme de silice ; le soufre partiellement sous forme de sulfate, et partiellement comme élément de matières albuminoïdes. On trouve dans les cendres des plantes, les bases des nitrates et des sels d'acides végétaux, sous forme de carbonate.

On appelle *organiques*, les parties combustibles de la plante, et *inorganiques*, les parties incombustibles. Cette distinction est à peine exacte, car les substances minérales étant indispensables à la plante, devraient pendant sa vie, être appelées organiques au même titre que l'albumine ou la cellulose.

Nous donnons ci-après un tableau synoptique de l'analyse d'une récolte de foin de prairie d'une tonne et demie. Cette récolte pesait, étant verte, cinq tonnes. Ce tableau fixera dans l'esprit ce qui vient d'être dit sur la composition des plantes.

ANALYSE D'UNE RECOLTE DE FOIN DE PRAIRIE.

Eau		8,378 lbs.
Carbone	1315	} Matières combustibles. 2,613 lbs
Hydrogène	144	
Azote	43	
Oxygène et soufre	1105	
Potasse	56.3	} Cendres 209 lbs.
Soude	11.9	
Chaux	28.1	
Magnésie	10.1	
Oxyde de fer	0.9	
Acide phosphorique	12.7	
Acide sulfurique	10.8	
Chlore	16.2	
Silice	57.5	
Sable, etc.	4.5	

Total de la récolte. 11,200 lbs.

Les plantes puisent partiellement dans le sol et partiellement dans l'atmosphère les éléments qui les constituent. Dans le sol, elles puisent, au moyen de leurs racines, les éléments minéraux, tout leur soufre et

leur phosphore, et, dans la plupart des cas, presque tout leur azote et leur eau. Elles puisent dans l'atmosphère, au moyen de leurs feuilles, tout ou presque tout leur carbone, et, très probablement, de très petites quantités d'azote et d'eau. Les papilionacées puisent dans le sol l'azote de l'atmosphère, au moyen des tubercules parasites qui vivent sur leurs racines.

Fonctions des feuilles.—1. *Assimilation.*—Le carbone des végétaux provient du gaz acide carbonique contenu dans l'atmosphère. L'acide carbonique et d'autres gaz de l'atmosphère passent à travers la cuticule des plantes et sont dissous par la sève cellulaire ; l'acide carbonique est assimilé en plus grande proportion parce qu'il est plus soluble dans l'eau que ne le sont l'azote et l'oxygène qui forment la masse de l'atmosphère. L'acide carbonique dissout est décomposé dans les cellules chlorophylliennes de la plante sous l'influence de la lumière ; l'oxygène est dégagé, et le carbone retenu par la plante. L'acide carbonique étant ainsi séparé de la sève des cellules, celle-ci devient capable d'en dissoudre une autre quantité. Toutes les parties vertes de la plante concourent à la décomposition de l'acide carbonique, surtout les feuilles ; c'est leur principale fonction. La décomposition de l'acide carbonique ne pourrait se faire dans l'obscurité, ni à une température trop basse. Les rayons de lumière qui contribuent le plus à sa décomposition, sont les rayons rouge orange ; les rayons verts, violets et rouge-foncé du spectre n'y contribuent pas efficacement. Il n'y a, en effet, que les rayons absorbés par la chlorophylle qui puissent faire ce travail chimique.

La décomposition de l'acide carbonique par les plantes pendant le jour, est de la plus haute importance ; grâce à cette décomposition, l'air est rendu propre à la respiration des animaux. Ceux-ci, après avoir aspiré l'air atmosphérique, l'expirent moins riche en oxygène et chargé d'acide carbonique, celui-ci ayant été substitué à celui-là. Cette accumulation dans l'air d'acide carbonique deviendrait nuisible à la santé des animaux, s'il n'était pas absorbé par les plantes dont il entretient la croissance. Il a été calculé qu'un bois d'une acre d'étendue, produisant annuellement 5,755 lbs de matière sèche, absorbe l'acide carbonique produit par la respiration de 15.4 hommes.

Outre l'acide carbonique, les plantes absorbent encore, au moyen de leurs feuilles, une petite quantité d'ammoniaque. L'azote libre de l'atmosphère n'est pas, qu'on sache, utilisé par les feuilles des plantes. Quand il pleut, après une longue sécheresse, les feuilles absorbant une certaine quantité d'eau.

Les plantes dépourvues de cellules chlorophylliennes et qui, pour cette raison, ne sont pas vertes, ne décomposent pas l'acide carbonique. On a des spécimens de ce genre dans les champignons, la cuscute et l'orobanche des champs de trèfle. La cuscute et l'orobanche se nourrissent au détriment de la plante ; ce sont des parasites. Les champignons puisent l'acide carbonique dans les détritux végétaux du sol.

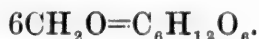
Formation de la matière organique.—La quantité d'oxygène que dégagent les plantes vertes exposées à la lumière, est presque égale, en volume,

quantité de gaz acide carbonique décomposé, de sorte qu'en apparence, tout l'oxygène de l'acide carbonique retourne à l'atmosphère. La réaction est plus compliquée, car il est fort probable que de l'eau est aussi décomposée en même temps que de l'acide carbonique.

On ne connaît pas exactement de quelle manière s'opère la décomposition de l'acide carbonique dans les cellules chlorophylliennes. Il est probable, d'après la formule ci-après, qu'il y a d'abord production de formaldéhyde :



Par la condensation, le formaldéhyde donne lieu à de la glucose—



La formation des *hydrates de carbone* dans la plante est entièrement due à l'azote, au phosphore, à la potasse et aux autres matières qui servent de nourriture à la plante. Une plante dans laquelle ces matières ne sont pas en quantité suffisante, ne pourrait produire beaucoup d'hydrates de carbone, quoique exposée à la lumière. Pour cette raison, quelques-uns attribuent la production des hydrates de carbone, au dédoublement du protoplasma qui est azoté, le résidu azoté se combine avec le formaldéhyde et reconstitue la matière azotée primitive.

Le sucre de canne ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) et l'amidon ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) sont produits en premier lieu ; ils sont respectivement transformés en glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), et maltose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), et servent de nourriture aux parties éloignées de la plante, où ils sont transportés par le courant de la

sève. Le phénomène de la croissance consiste dans la formation de nouvelles cellules. Cette action s'accomplit par la conversion du sucre de la sève en cellulose, substance qui forme la cloison des cellules ; cette matière a primitivement servi à former la charpente de la plante. Dans les grains, les racines et les tubercules, où de la matière nutritive est mise en réserve pour un usage futur, la glucose est généralement retransformée en amidon et sucre de canne ; ces substances étant des hydrates de carbone, c'est-à-dire du carbone et de l'eau, leur transformation chimique ne présente pas de difficulté.

On ne sait pas jusqu'ici, de quelle manière se forment dans la plante, les albuminoïdes. On croit que les nitrates, attirés par les racines, sont convertis en ammoniacque, l'ammoniacque en amides, et les amides finalement en albuminoïdes.

La matière *grasse* de la plante est supposée être formée des hydrates de carbone, ou peut-être du dédoublement des albuminoïdes.

Les *acides végétaux* sont probablement produits dans la plante par oxydation ; on croit qu'ils proviennent de l'oxydation des hydrates de carbone.

L'oxydation a lieu à la suite d'un travail que la plante exécute et qui est identique à celui de la respiration chez l'animal : la plante absorbe une petite quantité d'oxygène et met en liberté une autre petite quantité d'acide carbonique. On ne saurait très bien se rendre compte de ce travail pendant le jour, parce qu'il se produit alors une action inverse dans les cellules chlorophylliennes ; celles-ci, en effet, absorbent pendant le jour, de l'acide carbonique et émettent de

l'oxygène. On peut cependant s'en rendre compte dans un endroit obscur. L'oxydation des corps déjà est le point de départ de la production de corps nouveaux.

3. *Transpiration.*—Une autre fonction importante des feuilles consiste dans la transpiration de l'eau. Ce phénomène s'accomplit à travers l'épiderme des jeunes feuilles ; tandis qu'il se produit, à la face inférieure des vieilles, à travers les ouvertures nommées stomates (pores évaporatoires). La transpiration a surtout lieu à la lumière ; elle se produit abondamment même dans une atmosphère saturée d'eau, quand la plante est exposée au soleil. Il s'évapore une très grande quantité d'eau à la surface d'une plante vivante. Le sol dont la récolte a été tardivement coupée est toujours plus sec qu'une jachère (voir plus loin).

La transpiration est d'une très grande importance, parce que l'évaporation de l'eau à la surface des feuilles fait monter la sève et, par conséquent, l'eau du sol chargée d'éléments nutritifs dissous.

Fonctions des racines.—Les racines de la plante absorbent l'eau dans le sol et, avec elle, quantité de substances nutritives variées.

1 *Assimilation des parties constituantes de la cendre.*—Les racines absorbent les sels solubles et toutes les substances diffusibles (celles auxquelles une membrane livre passage) présentes dans l'eau qu'elles aspirent dans la terre. La plante reçoit donc fréquemment plus de matières solubles et assimilables qu'il n'en faut à sa nutrition actuelle.

La fonction des racines n'est pas seulement d'absorber les matières solubles toutes prêtes à l'alimentation ; elles possèdent encore la propriété de dissoudre certaines substances solides du sol et de les rendre assimilables.

Cette importante propriété des racines existe à divers degrés dans différentes plantes. Le phénomène s'accomplit seulement aux points de contact du chevelu des racines avec les particules de terre, en vertu de l'action des sucs acides des racines. Ce travail des racines joue un rôle important dans l'apport de l'acide phosphorique et de la potasse, car ces substances, surtout la première, sont difficiles à dissoudre dans le sol et on ne les trouve qu'en très petite quantité dans l'eau qu'il contient.

Les plantes paraissent avoir une certaine préférence pour certaines parties assimilables plutôt que pour d'autres qui, pourtant, peuvent être plus abondantes dans le sol. Ainsi, elles préfèrent les sels de potassium aux sels de sodium. Cette préférence manifestée par les racines s'explique par les lois de la diffusion. Quand certains éléments sont retirés de la sève pour constituer les tissus, la diffusion de ces mêmes éléments pourra se continuer du sol à la plante, tandis que les sels qui n'entrent pas dans les tissus végétaux, ne peuvent entrer par diffusion qu'en autant que la dissolution du sol est plus concentrée que celle de la plante.

2. *Assimilation de l'azote.*—Les racines, tout en fournissant à la plante les parties constituantes de la cendre, lui procurent encore l'azote sous forme de nitrates. La plante utilise l'azote sous forme d'acide nitrique ou d'ammoniaque ; ainsi, elle peut,

d'après plusieurs auteurs, assimiler l'azote sous forme d'urée, d'acides urique et hippurique et d'amides. La facilité avec laquelle l'ammoniaque et les amides sont convertis dans le sol en acide nitrique, est si grande que les nitrates deviennent la principale source d'azote pour la plante.

Il a été constaté, à la suite de récentes recherches, que le pouvoir nutritif des racines peut être grandement modifié par leur union avec d'autres organismes végétaux. D'après Frank, l'absorption des sucres nutritifs du sol s'accomplit très souvent, pour le chêne, le hêtre, le charme, le noisetier et le châtaignier, par l'intermédiaire du champignon dont les racines recouvrent celles de la plante principale et forment pour ainsi dire, avec ces dernières, un seul et même organe.

Les légumineuses nous offrent encore un remarquable exemple de ce fait.

Toutes les variétés de papilionacées ont les racines pourvues de tubercules, à moins que la plante n'ait été semée dans un sol stérilisé. Ces tubercules proviennent de l'invasion d'un organisme dont la nature n'a pas encore été suffisamment étudiée jusqu'ici. Quand on sème dans du sable stérilisé, mais contenant en quantité suffisante, des éléments minéraux mais pas d'azote, des pois, des lupins ou des vesces, on n'obtient qu'une plante chétive, rabougrie et dont les racines ne sont pas pourvues de tubercules. Si l'on ajoute au sable une petite quantité de terre non stérilisée, il se formera des tubercules sur les racines, et la plante croîtra vigoureusement. On a encore constaté que les plantes dont les

racines sont pourvues de tubercules, contiennent plus d'azote que celles dont les racines ne le sont pas. Dans ce premier cas, la quantité d'azote, dans la récolte et dans le sol, lors de la moisson, est plus grande que celle qu'il y avait dans le sable, la semence et la terre que l'on a ajoutée. Ce surplus d'azote est venu de l'azote libre de l'atmosphère. Plusieurs expérimentateurs ont constaté ces remarquables résultats. On les attribue au pouvoir particulier des légumineuses d'assimiler l'azote.

Destination des éléments minéraux.—Les sucs nutritifs que les racines ont absorbés sont concentrés dans les parties supérieures de la plante ; l'eau, comme l'a déjà été dit, s'évapore rapidement à la surface des feuilles. Les principaux éléments de la cendre servent à la formation des tissus nouveaux et sont emmagasinés dans la semence. Les parties non-essentiels, absorbées par les racines, sont partiellement déposées sous forme solide dans les tissus les plus vieux qu'ils incrustent d'une façon. Les sels solubles, qui ne concourent ni à la formation de nouveaux tissus, ni à l'entretien des vieux tissus, sont d'abord accumulés dans la sève ; on croit qu'ensuite ils sont éliminés de la paille et probablement aussi des tissus plus vieux, par les lavages des eaux de pluie.

Le dépôt de silice dans les tissus extérieurs du blé, de l'orge et d'autres graminées, est un exemple de l'excrétion des éléments minéraux essentiels. Il y a de la silice en abondance dans les feuilles vieilles et dans la partie extérieure de l'écorce de plusieurs arbres ; elle produit une incrustation des tissus vieux. On trouve encore dans les vieux tissus, sous forme

d'incrustation, des sels insolubles de calcium, très fréquemment l'oxalate. Ces incrustations durcissent les tissus de la plante et la protègent ainsi contre bien des accidents.

C'est dans les plantes succulentes telles que l'herbe de prairie, les trèfles et la betterave fourragère que la quantité de cendres et leur composition sont le plus variables. Ce fait doit être attribué à la nature du sol, aux engrais et aux circonstances atmosphériques. On a constaté la même différence dans les cendres de paille de graminées. Dans ce genre de plantes, on trouve des quantités très variables de sodium soluble et de sels de potassium. La plus ou moins grande quantité de ces substances dans les plantes dépend de leur proportion plus ou moins grande dans le sol. La quantité de chaux dans les plantes dépend aussi de la quantité que le sol renferme. La chaux ou la potasse prédominent dans les trèfles et dans la paille de fève, d'après la nature du sol où ces plantes ont été récoltées.

On ne sait que très peu de chose du rôle particulier des éléments minéraux dans la végétation de la plante. Le phosphore et la potasse sont les éléments principaux de la cendre ; on les trouve toujours accumulés dans les parties de la plante où la croissance cellulaire est la plus active ; par exemple, dans un œil ou bouton qui se forme, ou dans le cambium, entre l'aubier et le bois du tronc ; on les trouve aussi en abondance dans la semence.

La silice se rencontrant en majeure partie dans les cendres du blé, de l'orge, de l'avoine et autres grami-

nées, on l'a considérée longtemps comme essentielle à la croissance de ces plantes et comme donnant de la rigidité à la paille. Il a pourtant été démontré que le maïs et l'avoine peuvent se passer de la silice, sans que leur croissance en soit affectée et sans que la tige soit moins rigide. La silice, quoique étant abondante dans le foin ordinaire, est assez rare dans l'herbe des fondrières ou des marais. Elle remplit pourtant des fonctions utiles. D'après les expériences du Dr. Wolff, la silice n'augmente pas considérablement le poids de la plante d'avoine, mais multiplie sensiblement les grains.

Voici un tableau synoptique de la cendre que contiennent quelques plantes :—

ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES PLANTES.

1. ÉLÉMENTS DE LA CENDRE DANS 1,000 PARTIES DE MATIÈRE SÈCHE.

	Cendre pure Totale.	K ₂ O	Na ₂ O	Ca O	Mg O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	Si O ₂	Cl
Grain de blé...	19.6	6.11	0.41	0.64	2.36	0.25	9.26	0.08	0.38	0.06
Paille de blé...	53.7	7.33	0.74	3.09	1.33	0.33	2.58	1.32	36.25	0.90
Graine de fève...	36.3	15.06	0.39	1.81	2.60	0.17	14.11	1.23	0.24	0.65
Paille de fève...	53.5	23.14	0.91	14.25	3.06	0.68	3.41	2.09	3.75	2.35
Trèfles rouge en fleurs...	68.6	22.15	1.35	23.95	7.48	0.74	6.61	2.22	1.85	2.59
Racines de bet- terave.....	75.8	39.58	12.33	2.83	3.26	0.57	6.47	2.29	1.55	7.55
Feuilles de bet- terave.....	153.4	47.09	29.82	16.34	14.62	2.16	9.97	8.61	5.57	24.51
Pommes de terre	37.9	22.76	1.12	1.00	1.87	0.42	6.39	2.47	0.77	1.31
Bois de hêtre*	4.3	1.23	0.08	1.62	0.48	0.05	0.29	0.06	0.26	—
Feuilles de hêtre (août).....	49.1	9.90	0.80	14.30	3.66	0.43	4.03	1.18	14.07	0.05

2. POUR-CENT DES ÉLÉMENTS DE LA CENDRE.

Grain de blé...	101	31.16	2.07	3.25	12.06	1.28	47.22	0.39	1.93	0.32
Paille de blé...	"	13.65	1.38	5.70	2.48	0.61	4.51	2.45	67.50	1.68
Graine de fève...	"	41.48	1.06	4.99	7.15	0.46	38.86	3.39	0.65	1.78
Paille de fève...	"	43.26	1.70	26.63	5.71	1.27	6.37	3.91	7.01	4.39
Trèfles rouges en fleurs.....	"	32.29	1.97	34.91	10.90	1.08	9.04	3.23	7.69	3.78
Racines de bet- terave.....	"	52.22	10.26	3.73	4.30	0.75	8.53	3.02	2.04	9.96
Feuilles de bet- terave.....	"	30.71	19.44	10.65	9.53	1.41	6.50	5.62	3.63	15.98
Pommes de terre	"	60.06	2.96	2.64	4.93	1.10	16.86	6.52	2.04	3.46
Bois de hêtre...	"	28.62	1.91	37.65	11.23	1.25	6.76	1.37	5.98	0.01
Feuilles de hêtre (août).....	"	20.17	1.63	29.12	7.45	0.88	8.38	2.41	28.65	0.10

Germination.—La semence a tout ce qu'il faut pour produire une plante nouvelle. Elle comprend l'*embryon* ou germe qui est toujours très riche en albuminoïdes, graisse, phosphate et potasse. Elle comprend encore un dépôt de nourriture concentrée, dont doit vivre la jeune plante jusqu'à ce que les racines et les feuilles soient suffisamment développées. Dans certaines graines, telles que celles de fèves et de navets, ce dépôt de nourriture se trouve dans les cotylédons ou feuilles rudimentaires. Dans certaines autres graines, telles que celles des céréales, il existe, à l'intérieur de l'embryon, une réserve de nourriture dans l' "endosperme." Dans les graines des céréales et de plusieurs autres plantes, c'est l'amidon qui prédomine dans la réserve de nourriture pour la jeune plante. D'autres sortes de graines contiennent, au lieu d'amidon, une matière grasse ; telles sont les graines de lin et de moutarde.

Pour que le phénomène de la germination puisse avoir lieu, il faut de l'humidité, de l'oxygène et une

* Le manganèse était un des ingrédients de cette cendre, mais sa proportion n'est pas indiquée dans ce tableau.

température convenable. Dans ces conditions, les graines gonflent, absorbent l'oxygène, et une partie de la matière carbonée est oxydée ; il se produit de la chaleur et l'acide carbonique se dégage. A la suite de ces phénomènes, les parties solides de la graine deviennent solubles, l'amidon et la graisse produisent du sucre, les albuminoïdes sont convertis en peptones et en amides, comme par exemple, l'asparagine. Ces actions chimiques sont dues à des ferments (enzymes) renfermés dans la semence. La nourriture soluble ainsi obtenue sert de nourriture à la radicule et à la gemmule. Celles-ci grandissent rapidement, brisent l'enveloppe de la graine et, si les conditions extérieures sont convenables, elles donnent naissance, la première aux racines, la seconde aux feuilles. On peut facilement se rendre compte du phénomène de la germination dans les procédés de la transformation de l'orge en malt.

Des semences trop profondément enterrées ne germeront pas, faute d'oxygène. Ou, si le phénomène a lieu, la gemmule ne pourra sortir de terre parce qu'elle aura épuisé toute la nourriture contenue dans la graine, avant d'avoir atteint la surface du sol. La profondeur à laquelle on doit enterrer les graines est proportionnelle leur volume.

Développement de la plante.—Après la germination, la plante se développe d'une manière régulière. Chez une plante annuelle, c'est-à-dire une plante qui porte de la semence et meurt dès la première saison, il se produit d'abord des racines et des feuilles en abondance, qui recueillent et préparent la

nourriture nécessaire à la croissance ; ensuite, se forme la tige qui doit porter la fleur et, finalement, la fleur elle-même, puis la semence ; ensuite, la plante meurt.

Les matériaux fournis par les racines abondent dans la plante jeune, qui est toujours riche en azote et en éléments minéraux ; mais quand la plante devient mûre, la proportion de produits carbonés formés par l'action des feuilles augmente constamment. A l'époque de la floraison, les céréales contiennent déjà tout l'azote et toute la potasse qu'on y trouve à la maturité ; l'assimilation de l'acide phosphorique se poursuit encore quelque temps après la floraison ; le carbone et la silice se forment tant que la plante est à l'état vert.

Quand la semence commence à se former, les autres parties de la plante commencent à dépérir plus ou moins, parce que l'amidon, les albuminoïdes, l'acide phosphorique et la potasse vont se déposer dans la semence. Quand la saison est favorable et que la graine a le temps de se développer entièrement, la paille des céréales est très épuisée lors de la récolte ; si, au contraire, on coupe les céréales avant la maturité de la graine ou que cette maturité se soit faite dans des conditions défavorables, la paille sera moins épuisée et contiendra une plus grande quantité des substances acquises durant la croissance de la plante. C'est pour cette raison que la paille coupée verte est plus nutritive qu'une autre coupée après pleine maturité.

Avec une plante vivace ou bisannuelle ce n'est plus la même chose. Le développement des racines et des feuilles est identique dans les deux cas ; mais à

la fin de l'été, il se fait dans les racines, dans des tubercules ou dans la tige un dépôt de nourriture concentrée, qui doit servir à la plante le printemps suivant. Dans une plante-racine bisannuelle, le navet, par exemple, la racine se développe considérablement en automne, et les feuilles meurent et tombent après avoir transmis aux racines les plus importants de leurs constituants. La saison suivante, les racines donnent naissance à une tige sur laquelle viennent des fleurs puis ensuite les graines ou semence. Celle-ci, pour se former, consomme le dépôt qui s'est formé l'automne précédent, la racine s'épuise et la plante meurt.

Chez les arbres, la nourriture est accumulée à la fin de l'été dans la moelle, les rayons médullaires et dans la couche placée entre le bois et l'écorce de la tige. Les feuilles qui tombent en automne, ont perdu presque tout leur amidon, tous leurs albuminoïdes, tout leur acide phosphorique et toute leur potasse ; ces substances se sont retirées dans la tige. Au printemps, sous l'action du soleil, les bourgeons gonflent, la sève monte, l'amidon et les autres substances concentrées dans la tige, l'automne précédent, sont redissoutes et servent à une nouvelle croissance de la plante. Le sucre qu'on trouve dans la sève de l'érable, au printemps, provient de la transformation de l'amidon mis en réserve l'automne précédent.

CHAPITRE II.

L'ATMOSPHERE ET LE SOL.

L'atmosphère.—Sa composition—L'acide carbonique, l'ammoniaque et l'acide nitrique qu'elle fournit—Les quantités d'azote combiné, de chlorures et d'acide sulfurique que contient la pluie.
—*Le sol.*—La constitution physique—La texture—Rapport avec l'eau—Rapport avec la chaleur—Formation du sol—Parties organiques—Nourriture des plantes que porte le sol, quantité et condition—Mouvements des sels dans le sol, pertes par drainage—Le pouvoir absorbant du sol—Effet du labour et du drainage—Ecouage.

L'atmosphère.—Cent parties d'air contiennent à peu près 79 parties d'azote et 21 parties d'oxygène et, en très petite quantité, certains autres éléments.

L'azote de l'atmosphère est apparemment absorbé, chez les légumineuses, par les tubercules parasites des racines. Il peut encore, dans certaines conditions, être assimilé par certains organismes très simples, qui vivent dans le sol.

Nous avons déjà dit que les plantes puisent tout leur carbone dans *l'acide carbonique* de l'atmosphère ; 10,000 parties, en volume, d'air contiennent à peu près 3 parties d'acide carbonique, soit à peu près 1 lb par 1,057 verges cubes d'air. Un acre de bon blé tirera de l'atmosphère dans l'espace de quatre mois, 1 tonne de carbone, soit la quantité de carbone d'une colonne d'air haute de 3 milles.

Le vent, en mettant en contact avec le sol et

les plantes, une énorme quantité d'air, supplée à la faible proportion d'acide carbonique contenu dans l'atmosphère. L'atmosphère contient aussi une quantité variable et très petite d'ammoniaque. Près de Paris, Schlœsing a constaté une proportion d'ammoniaque d'une livre par 26,000,000 verges cubes d'air. Sur le sommet d. Pic du Midi, Müntz et Aubin ont constaté 1 lb. d'ammoniaque par 44,000,000 verges cubes d'air. D'après Schlœsing, on constate le plus d'ammoniaque quand il souffle un vent chaud du sud. Les plantes absorbent l'ammoniaque directement, mais en petite quantité ; la pluie l'apporte dissoute dans le sol qui l'absorbe et la tient à la disposition des plantes.

L'atmosphère fournit aussi une très petite quantité d'*acide nitreux* et d'*acide nitrique*. Si l'azote nitreux et l'oxygène de l'atmosphère se combinent sous l'influence de décharges électriques, il se forme de l'acide nitreux ; celui-ci est transformé en acide nitrique sous l'action de l'ozone ou du peroxyde d'hydrogène. Il peut aussi se former dans l'atmosphère, de l'acide nitrique, par une oxydation de l'ammoniaque sous l'influence de l'ozone ou du peroxyde d'hydrogène.

La quantité d'azote que la pluie apporte annuellement au sol, sous forme d'ammoniaque et d'acide nitrique, diffère d'après les lieux et les saisons. A Rothamsted, en Hertfordshire, pendant une moyenne de 8 ans, la pluie a déposé, par acre, 2.5 lbs. d'azote sous forme d'ammoniaque, 0.8 lbs. d'azote sous forme de nitrates et de nitries, et presque autant d'azote organique, soit en tout, à peu près 4.3 lbs par acre.* La moyenne de plu-

* Dans la pluie sont comprises la neige, la grêle et la rosée accusées par le pluviomètre.

sieurs expériences sur le continent (en dehors de Paris) est de 10.181 lbs. d'azote par acre. La moyenne continentale est exagérée pour les campagnes ouvertes, parce que nombre d'expériences ont été faites près des villes. La proportion d'azote et celle des nitrates des pluies aux tropiques, est généralement plus grande, tandis que celle de l'ammoniaque est moindre. La quantité d'azote des pluies à la Nouvelle-Zélande, aux îles Barbades, à la Guyane Anglaise et à Madras n'est pas plus grande que celle des pluies à Rothamsted.

Il y a toujours des *chlorures* dans les pluies, surtout dans celles qui tombent dans le voisinage des mers. A Georges Town, Guyane Anglaise, les chlorures que contient la pluie équivalent, par acre et par an, en moyenne, à 193 lbs. plus ou moins, de sel commun ; à Cirencester, elles représentent 40 lbs. ; à Rothamsted, 24 lbs.

Les sulfates que dépose la pluie pendant une moyenne de cinq ans à Rothamsted, équivalent à 17 lbs. d'acide sulfurique anhydride.

A Rothamsted, la pluie dépose sur le sol assez de chlorures pour les récoltes de la ferme, excepté peut-être, pour les betteraves. Elle dépose aussi assez de sulfates pour la plupart des plantes cultivées.

Le sol.—1. *Composition.* Si un sol consistait en particules sphériques, toutes d'égale dimension, les interstices entre ces particules occuperaient, à peu près, 26 pour cent du volume apparent, alors même que ces particules seraient juxtaposées avec le plus grand soin. Quelles que soient d'ailleurs les dimensions de ces parti-

cules, le vide total existant entre elles reste toujours le même. Si les interstices en étaient occupés par des particules plus petites le vide n'occuperait plus que 6.7 pour cent du volume et, en comblant les interstices entre ces particules ajoutées, le vide serait réduit à 1.7 pour cent. Dans un sol qui n'est pas tassé ou plombé, les interstices sont plus grands que dans un autre qui l'a été.

Dans un sol naturel, les parties sont de grosseur différente et de forme irrégulière ; dans le premier cas, il y a moins d'interstices, dans le second il y en a plus. Nombre de particules du sol sont elles-mêmes poreuses, telles que celles de l'humus et de la pierre calcaire. Elles augmentent beaucoup le volume apparent.

La surface totale présentée par une masse de particules sphériques est doublée, quand on diminue leur diamètre de moitié. La surface interne d'une terre est donc d'autant plus grande, qu'elle est composée de particules plus petites ; elle est encore augmentée, quand ces particules elles-mêmes sont poreuses. La fertilité d'un sol et ses propriétés physiques dépendent beaucoup de la proportion des interstices et de la surface totale des particules.

On peut, au moyen d'*analyses mécaniques*, séparer les particules du sol en groupes dont la grosseur des particules sera différente ; les gros morceaux sont séparés au moyen d'un tamis, les plus petits au moyen de courants d'eau de différentes forces. Les plus petites particules se rencontrent dans la glaise, elles restent d'une façon permanente suspendues dans de l'eau distillée. Après la glaise, viennent la boue et le sable ; leur degré de friabilité est très variable et elles

sont souvent d'une composition chimique très différente. Les particules les plus grossières sont toujours, soit du gravois, soit de la pierre. Le caractère physique du sol dépend beaucoup de la nature des particules qui prédominent.

2. *Cohésion du sol.*—Les plus grossiers éléments du sol, y compris le sable fin, sont très peu adhérents. La cohésion d'une terre forte est due à la vase et à la glaise. Dans la glaise, elle est attribuée à une substance colloïde hydratée qui, d'après Schloesing, dépasse rarement 1.5 p. c. La glaise est, en effet, d'une constitution analogue à la potée commune. Quand la glaise est pure, toutes ses parties sont de la même composition chimique (silicate d'aluminium) ; mais, mélangée avec le sol, ses parties sableuses peuvent être de différentes natures. Dans la terre de brique, la partie sableuse consiste en quartz ; dans la marne, c'est du carbonate de calcium.

La nature des terres glaises dépend beaucoup de leur degré de friabilité. La glaise friable est d'une composition granulaire, pénétrable à l'eau et peut être réduite en poudre. La gelée la rend friable ; elle sépare l'eau du ciment colloïde, ce qui a pour effet de faire rétrécir la glaise. On peut aussi la rendre friable par l'addition de certains sels, surtout de sels de calcium. De la glaise colloïde reste suspendue dans de l'eau distillée d'une façon permanente ; on la précipite au moyen d'une petite quantité de sel de calcium. En ajoutant aux sols glaiseux de la chaux ou des pierres calcaires pulvérisées, on en diminue la cohésion ; ils deviennent perméables et plus faciles à labourer.

Les humates augmentent la cohésion des terres

sablonneuses en culture ; ce sont, comme la glaise, des substances colloïdes. Schlœsing a constaté que la terre sablonneuse qui contient, sous forme de calcium, 1 p. c. d'acide humique, est aussi adhérente que si elle contenait 11 p. c. d'une glaise visqueuse. Les humates, en séchant, perdent de leurs propriétés adhérentes, tandis que la glaise ne les perd pas. Le fermier n'ignore pas qu'on améliore les terres sablonneuses par l'emploi continu de fumier de ferme ou par l'enfouissement de récoltes vertes. L'humus rend adhérente une terre sablonneuse ; il agit contrairement sur une terre argileuse. Le meilleur moyen de rendre plus légère une terre forte, c'est de la fumer avec du long fumier d'étable.

En certaines terres sablonneuses, l'oxyde de fer donne de l'adhérence. Du carbonate de calcium augmente aussi l'adhérence du sable. Les terres grasses (loam), bien cultivées sont formées de particules composées d'éléments divers liés entre eux par des matières gluantes ; la présence dans le sol de particules grossières et poreuses, est une des premières conditions pour une bonne terre.

3. *Rapport avec l'eau.*—Dans un sol naturel, composé de particules solides d'une grosseur uniforme, les interstices occupent à peu près 40 pour cent du volume, que ces particules soient grandes ou petites ; mais, quand elles sont, les unes grandes et les autres petites, l'espace total est diminué. Si, d'un autre côté, ces particules sont elles-mêmes poreuses, comme c'est le cas pour la chaux, le terreau et surtout pour l'humus, l'espace total est augmenté. C'est de cet espace total que dépend la quantité d'eau que le sol retient, quand il en est saturé ou la quantité d'air, quand il est sec.

L'humus augmente beaucoup la capacité du sol de retenir l'eau. A Rothamsted, en janvier 1869, on a analysé la couche supérieure du sol alors que celui-ci était saturé d'eau : les terres qui n'avaient pas été fumées contenaient 32.4 parties d'eau sur 100 parties de terre sèche ; les terres fumées pendant vingt-six ans, contenaient 65.8 parties d'eau sur 100 parties de terre.

La surface du sol est rarement saturée, sauf immédiatement après des averses. C'est de la quantité d'eau que peut retenir le sol après un drainage judicieux, que dépend son pouvoir de fournir aux plantes la quantité d'eau qui leur est nécessaire. La quantité d'eau qu'un sol peut retenir d'une façon permanente ne dépend pas du volume total de ses interstices, mais de l'étendue de surface interne, parce que l'eau est retenue par adhésion, à la surface des particules ; par conséquent, plus les particules sont petites, ou plus elles sont poreuses, plus est grande la quantité d'eau qu'elles peuvent retenir. Deux échantillons de quartz broyé composés, l'un de gros grains, l'autre de grains fins, contenaient, étant saturés, un pour cent de leur volume d'eau ; mais, quand on les avait judicieusement drainés, l'échantillon de gros grains ne retenait que 7.0 pour cent d'eau et celui composé de grains fins 44.6 pour cent.

Les sols drainés retenant le moins d'eau, après drainage, sont ceux composés de gravier et de sable grossier. La quantité d'eau que peut retenir un sol augmente, quand ses particules sont petites ; elle est très considérable quand il est composé de vase fine et de glaise ; elle atteint le maximum, quand il est riche en humus. Donc,

pour en augmenter la capacité, il faut l'amender au moyen d'humus.

La surface du sol sera alimentée d'eau, si celui-ci repose sur un sous-sol suffisamment rapproché qui en est saturé ; cette eau monte en vertu des lois de la *capillarité*.

L'eau du sous-sol montera d'autant plus, en vertu de la capillarité, que ses particules seront plus petites et plus tassées. La quantité d'eau qui se porte à la surface, diminue en proportion de la distance à parcourir. Elle diminue encore, en vertu du frottement, quand les particules sont de trop petites dimensions. La facilité avec laquelle l'eau du sous-sol monte à la surface, dépend, pour chaque distance, de la finesse des particules du sol. La capillarité peut rarement porter à la surface la quantité d'eau suffisante. Au Wisconsin, les récoltes souffrent de la sécheresse, quoiqu'il y ait continuellement de l'eau à une profondeur de cinq pieds.

D'après Greaves, la moyenne de l'évaporation à la surface de l'eau, dans le voisinage de Londres est de 20.6 pouces par an ; l'évaporation mensuelle maximum a lieu en juillet ; elle est de 3.4 pouces ; le minimum a lieu en décembre, avec 0.5 pouces. L'évaporation est plus forte à la surface d'un sol saturé qu'à la surface d'une nappe d'eau. Il s'évapore la même quantité d'eau à la surface des différents sols quand ils sont saturés ; mais, en temps de sécheresse, il y a une différence notable. Un sol composé de particules grossières, non tassées, se dessèche le plus rapidement et à une plus grande profondeur. Pour cette raison, il ne faut pas faire de profonds labours, quand l'été est précoce et que

la terre doit produire une récolte.

L'évaporation est plus grande quand le sol porte une récolte. En 1870, à la fin du mois de juin, pendant une sécheresse excessive, on a constaté à Rothamsted combien contenaient d'eau, à la fin de juin, un champ d'orge et une jachère nue adjacente. On trouva que, depuis la surface jusqu'à une profondeur de cinquante-quatre pouces, il y avait neuf pouces d'eau de moins dans le champ d'orge que dans la jachère. Le plus grand préjudice causé par les mauvaises herbes en été, est celui qui résulte de l'évaporation de l'eau du sol.

L'évaporation est moindre quand on protège le sol contre le soleil et le vent. Des pierres, à la surface du sol, protègent ce dernier contre l'évaporation. Un bon moyen pour obtenir le même effet, est de recouvrir le sol avec de la paille.

Dans les contrées chaudes, si l'on veut réussir en culture, il faut aménager la surface du sol à une profondeur de un à deux pouces.

Un sol parfaitement sec peut absorber, lorsque l'air est humide, une petite quantité d'eau ; cette propriété s'appelle pouvoir *hygroscopique* du sol. Le sable n'a qu'un très faible pouvoir hygroscopique ; il est plus grand pour la glaise, surtout la glaise ferrugineuse ; l'humus est hygroscopique à un très haut degré. L'eau, ainsi absorbée, est utilisée par les plantes ; mais, sous un climat chaud, l'évaporation de l'eau hygroscopique fait baisser la température du sol et empêche les récoltes de roussir (Hilgard). Quand la température de la surface du sol est plus basse que celle à laquelle se forme la rosée, celui-ci condense une quantité d'eau considérable de l'atmosphère.

Un sol composé de grosses particules non poreuses et peu tassées, de gravois, par exemple, est particulièrement sec. Quand le sous-sol, dans ce cas, est naturellement drainé, le mal est des plus graves. Un tel sol ne retient que fort peu d'eau, et l'évaporation se fait rapidement. Les terres sèches doivent être largement pourvues d'humus ; il faut les ensemençer de bonne heure, bien tasser et sarcler, et faire très légers les labours d'été. Les récoltes, sur ces terres, sont précoces parce que le sol se réchauffe facilement ; aussi les jardiniers peuvent-ils les porter au marché de bonne heure. Peu de pluie suffit pour les rendre humides à une profondeur considérable, et toute l'eau qu'ils retiennent est utilisée par les plantes.

A cause du grand pouvoir qu'ont les terres de retenir l'eau, il faut, dans la plupart des cas, les drainer. Afin de rendre un sol plus pénétrable à l'eau, on y calcine de la glaise, on y met de la chaux et de la marne ou l'on en augmente la proportion d'humus.

4. *Rapports du sol avec la chaleur.*—Le sol doit sa chaleur à des effets chimiques et à la radiation solaire. L'oxydation de la matière organique dans le sol en augmente la température ; cette augmentation n'est guère appréciable. A Tokio, on enfouissait dans une terre, à une profondeur d'un pied, 40 tonnes de fumier d'étable par acre. Durant les vingt jours suivants, la moyenne de la température de ce sol était de 2°.3 plus haute que celle des terres qui n'avaient pas été fumées. Durant les premiers cinq jours, la différence de température n'était que de 0°.8. L'effet chimique est plus grand pendant les mois d'été.

La quantité de chaleur que la terre reçoit du soleil, dépend beaucoup de la transparence de l'atmosphère. Les maxima de chaleur et de froid se produisent par un ciel clair et un air sec ; la température change peu, comparativement, sous un climat nuageux et humide.

L'effet de la chaleur du soleil dépend beaucoup de l'angle suivant lequel les rayons de cet astre tombent sur la terre ; ceci explique l'énorme différence entre un climat sous l'équateur et un autre du nord de l'Europe. On s'aperçoit, dans nos propres champs, de l'effet de variation de *l'angle d'incidence* des rayons du soleil ; témoins certaines terres en pente dont la fertilité est plus grande que celle d'autres qui ne se trouvent pas situées de cette manière. La température d'une terre penché evers le sud est plus élevée que celle d'une autre qui ne l'est pas.

La *température moyenne* du sol et du sous-sol est la même que celle de l'air à la surface ; c'est pourquoi toute altération de la température de l'air, provenant, par exemple, de courants chauds de l'océan, influe sur la température du sol. Sous un ciel bien pur, la température de la surface du sol peut atteindre un maximum ou un minimum bien plus grand que celui de l'air ambiant. Schübler, pendant deux ans, prit chaque jour, quelques instants après midi, la température dans son jardin à Tübingen, à une profondeur d'un pouce, chaque fois que le temps était parfaitement beau. La moyenne de ses constatations dépassait 120° Fahrenheit, chaque mois, depuis avril jusqu'à septembre inclusivement ; en juillet, la moyenne était de 146°. Cette

dernière température dépassait de 65° degrés celle de l'air ambiant prise en même temps.

Une terre de couleur *foncée* devient plus chaude au soleil qu'une autre de couleur claire ; la plus grande différence observée pour des terres naturelles est de 8°. En temps nuageux, il n'y a pas de différence. Pendant la nuit, tous les terrains se refroidissent au même degré.

Comme on peut le voir par le tableau ci-après, la quantité de chaleur requise pour élever, à un même degré, différentes espèces de sols, est très différente ; cette chaleur est appelée *chaleur spécifique*.

PESANTEUR SPECIFIQUE ET CHALEUR SPECIFIQUE DES PARTIES CONSTITUANTES DU SOL.

	Pesanteur Spéc'fique.	Chaleur spécifique, à	
		Poids égaux.	Volumes égaux
Eau	1.00	1.000	1.000
Humus	1.23	0.477	0.587
Lave et basalte . .	2.7—3.0	0.20—0.28	0.54—0.84
Glaise	2.44	0.238	0.568
Carbonate de chaux ..	2.72	0.206	0.561
Quartz, feldspath. granit.....	2.65	0.189	0.499

Donc, la même quantité de chaleur élèvera à la même température, 1 lb. d'eau et 5 lbs de craie ou de sable de quartz ; et, pendant le refroidissement, 1 lb d'eau rayonnera cinq fois plus de chaleur qu'une livre de craie ou de quartz. Or, eu égard seulement aux éléments solides du sol, la même quantité de chaleur élèvera à la même température 3 lbs. d'humus et 8 lbs. de quartz. La chaleur produit, à peu de chose près, les

mêmes effets sur des volumes égaux des parties solides du sol, excepté sur le basalte noir.

On peut donc conclure que les températures, que des quantités égales de terre sèche exposées au soleil atteignent, sont à peu près les mêmes quelle que soit la nature des ingrédients dont elles sont composées; mais la différence est très grande entre un sol humide et un sol sec; ce dernier s'échauffera à un degré plus élevé que le premier, en supposant que les deux sols reçoivent une quantité égale de chaleur.

La profondeur à laquelle un sol s'échauffe dépend du *pouvoir conducteur* des parties qui le composent. Le quartz est de tous les éléments qui entrent dans la composition du sol, le meilleur conducteur de la chaleur. L'air est au contraire le plus mauvais. Donc, un sol sec bien émietté est mauvais conducteur de la chaleur, parce que chacune de ses particules est entourée d'air. Le pouvoir conducteur du sol augmente si on tasse; la présence de pierres l'augmente aussi. Quand on mouille le sol, le pouvoir conducteur du gravois, de la chaux, ou de la glaise est doublé, par suite du déplacement de l'air. On peut conclure de ce qui précède que la surface d'une terre sèche, pulvérisée, légère, se réchauffe beaucoup au soleil, mais que la chaleur ne pénètre qu'à une faible profondeur. Elle pénètre le plus facilement jusqu'au sous-sol, dans une terre compacte, pierreuse, surtout quand elle est mouillée. Nous avons déjà dit que les terres sablonneuses conviennent le mieux pour les récoltes précoces du printemps.

La présence ou l'absence d'eau rend le sol chaud ou

froid. Il a déjà été question de la chaleur spécifique de l'eau, en vertu de laquelle un sol humide se réchauffe beaucoup moins qu'un sol sec, en supposant que les deux sols absorbent une quantité égale de chaleur. Une cause plus capitale encore de la basse température des terrains humides est la perte de calorique produite par l'évaporation de l'eau. Si sur 97 pintes d'eau, il s'en évapore une pinte, la température des 96 pintes restantes aura baissé de 10° Fahrenheit, à moins que cette perte n'ait été compensée par une cause extérieure quelconque. Les prés qui ne sont pas drainés et les terres fortes constituent donc des sols froids, parce que la chaleur qu'ils reçoivent du soleil est dépensée à l'évaporation de l'eau. Parkes a constaté que la température d'une terre tourbeuse, non drainée, d'une profondeur de 30 pieds, était de 46° à partir d'un pied de profondeur. Au milieu de juin, la température en était de 47° à une profondeur de sept pouces ; à cette même profondeur, la température d'une partie de cette terre drainée était de 66°, et, à une profondeur de deux pieds, de 50°. Le seul moyen d'améliorer une terre froide humide, est de la drainer.

La *température du sous-sol* est constante, toute l'année, à une certaine profondeur ; sous les tropiques, cette profondeur n'est que de quelques pieds ; mais, à des latitudes nord, où il y a une différence notable entre la température de l'été et celle de l'hiver, elle est considérable. L'effet des changements de saison se manifeste entre la surface du sol et la limite des températures constantes ; les variations maxima et minima du sous-sol suivent toujours celles de la surface du sol. A une certaine profondeur, les sai-

sons sont interverties ; ainsi, le sous-sol aura atteint une température maximum, tandis que ce sera l'hiver à la surface. A l'observatoire de Greenwich, dans une terre sablonneuse drainée, on s'aperçoit à peine de la succession des jours et des nuits, à une profondeur de trois pieds. A une profondeur de 25.6 pieds, la température maximum a lieu dans la dernière moitié de novembre, et la température minimum dans la première semaine de juin ; la différence entre les deux températures est de 3°.

5. *Formation du sol.*— Le sol a pour origine la désagrégation des rocs par l'action prolongée de l'eau, de l'air et des gelées ; et, dans les périodes ultérieures les êtres animés, végétaux et animaux et leurs produits ont concouru à cette formation par l'action de la vie végétale et animale et de leurs produits. La matière première, dont proviennent toutes les formations subséquentes, est la roche *ignée* composée, en majeure partie, de silice et d'alumine combinées, en proportions différentes, avec de l'oxyde de fer, de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie et de petites quantités d'autres substances. De telles roches contiennent toujours de l'acide phosphorique, fréquemment sous forme d'apatite.

Certains sols résultent directement de la décomposition de roches ignées ; tels sont ceux qui dérivent de la lave, du basalte et du granit. Toutefois, dans la plupart des cas, les roches ignées se sont désagrégées durant les âges géologiques et ont été déposées, au fond de la mer, avec des restes végétaux et animaux. Ces *roches sédimentaires* sont formées soit de sable, de

glaise, de pierre calcaire, ou bien, elles sont un mélange de ces matières agrégées dans des proportions différentes. Le *sable* est formé de petits fragments altérés des parties les plus dures et les plus résistantes du roc primitif ; il est principalement composé de quartz, mais contient généralement aussi de petites quantités de feldspath, de mica et d'autres minéraux. La *glaise* est du silicate d'alumine hydraté ; c'est le produit de la décomposition chimique des feldspaths potassiques ou sodiques. Ces feldspaths sont décomposés par l'action prolongée d'eau contenant de l'acide carbonique ; les alcalis et une partie de la silice sont dissouts, et la glaise reste. La chaux et la magnésie des roches ignées ont été dissoutes pendant leur décomposition et se sont accumulées dans l'océan ; la précipitation de la chaux et de la magnésie sous forme de carbonate, a été provoquée par l'action de végétaux et d'animaux. Les rocs calcaires ont été formés de la boue ainsi déposée. La plus grande partie de nos sols actuels ont été formés de pierres sableuses, de glaise et de pierres calcaires.

L'action du temps sur les différents sols est identique à celle qui s'est exercée, en grand, sur les rocs. L'expansion de l'eau, sous l'effet de la gelée, rend le sol friable. L'oxygène de l'air contribue aussi à la désagrégation, quand il y a des silicates contenant de l'oxyde ferrique. Le meilleur agent chimique, toutefois, est l'acide carbonique qu'on trouve, en petite quantité, dans la pluie, et en plus grande quantité, dans l'eau qui traverse des couches contenant des débris végétaux ; cette solution d'acide carbonique dissout et transporte, comme l'eau de drainage, les carbonates de chaux et de magnésie et spécialement quand elle est renforcée

par ces carbonates, elle attaque tous les silicates et dissout les alcalis qu'ils contiennent. Par suite de la végétation, les agents chimiques de décomposition deviennent plus actifs dans le sol ; la quantité d'acide carbonique augmente, et son action est renforcée par l'acide humique et l'acide nitrique ; il faut aussi noter l'action dissolvante des racines.

L'action du temps est donc destructive ; elle tend surtout à enlever au sol la chaux, la magnésie et les alcalis qu'il contient et qui sont tous entraînés par les eaux de drainage. Par suite, le sol arable est généralement plus pauvre en chaux et souvent en potasse, que le sous-sol. Le pouvoir absorbant du sol, et surtout l'effet de la végétation contre-balancent son appauvrissement. La plante puise sans cesse dans le sol et dans le sous-sol des substances dissoutes ; ces substances accumulées dans les tissus, sont rendues à la terre quand la plante meurt. Une végétation naturelle qui s'est continuée durant des siècles, soit en prairie, soit en forêt, dépose sur le sol une couche végétale très riche et très bien appropriée à l'entretien des plantes.

6. *Parties organiques.*—Il y a, dans toutes les roches sédimentaires, une certaine quantité de matières organiques contenant du carbone et de l'azote, et qui provient d'une vie végétale ou animale antérieure ; la matière organique azotée d'un sous-sol profond a presque toujours cette origine. D'un autre côté, la quantité plus grande de substances organiques qu'on trouve dans le sol arable, provient d'une vie récente ou d'engrais organiques ; ces substances sont d'une nature différente.

La substance organique brune ou noire du sol, appelée *humus*, est un mélange de détritux décomposés

de toutes sortes ; elle est très riche en acide humique, et en humine. Si l'on traite la terre par l'acide chlorhydrique froid dilué, et qu'on la lave, on sépare l'acide humique des bases avec lesquelles il est combiné ; si, ensuite, on ajoute de l'ammoniaque, l'acide humique est dissout sous forme de sels ammoniacaux et il reste l'humine insoluble. Les humates alcalins sont solubles, tandis que les combinaisons d'acide humique avec le calcium et le fer, telles qu'on les rencontre dans le sol, sont insolubles. L'humus est un corps azoté ; la quantité d'azote qu'il contient est très variable ; elle dépend de l'origine de l'humus. Il est, apparemment, en partie de la nature des amides. En le faisant bouillir avec de l'acide dilué, on obtient de l'ammoniaque et d'autres corps azotés solubles.

La matière humique du sol est d'une grande importance en agriculture ; non seulement elle modifie profondément les propriétés physiques du sol, mais encore elle est une source principale d'azote pour les plantes. Un sol riche en humus, est aussi riche en azote ; un sol pauvre en humus, est pauvre en azote. Les vieux pâturages de Rothamsted, dont on a extirpé les racines, contiennent, à l'état sec, dans la couche supérieure épaisse de neuf pouces, 0.245 pour cent d'azote et 3.36 pour cent de carbone, soit à peu près 5.6 pour cent d'humus. On trouve, dans des pâturages anglais très riches, jusque 0.5 et 0.6 pour cent d'azote. Le sol de vieux jardins potagers et le sol noir de Manitoba peuvent en contenir autant. Le sol arable de Rothamsted, qui est très gras (loamy) contient de 0.10 à 0.15 pour cent d'azote ; et le sous-sol, jusqu'à une profondeur de

neuf pieds, de 0.04 à 0.05 pour cent. Un sous-sol sablonneux n'en contient pas autant.

- 7. *Éléments nutritifs contenus dans le sol.*—La proportion de nourriture pour la plante, contenue dans le sol est très petite, même si ce dernier est très fertile ; la terre sert d'abord d'appui à la plante et elle garde l'eau nécessaire à l'entretien de celle-ci. Un bon sol arable peut contenir 0.15 pour cent d'acide phosphorique, 0.2 pour cent de potasse, 0.5 pour cent de chaux ; on peut parfois y rencontrer ces substances en plus grande quantité. La nourriture des plantes n'est pas distribuée dans le sol d'une manière uniforme. Si, par tamisage ou par un courant d'eau, on sépare les parties fines du sol des parties grossières, les premières contiendront plus de principes fertilisants que les dernières.

Le poids du sol d'un acre de terre est tellement énorme que des proportions centésimales de nourriture végétale peuvent y former un total considérable. Une couche de terre arable (glaise ou terre grasse "loamy") épaisse de neuf pouces pèse de 3,000,000 à 3,500,000 lbs. quand elle est parfaitement sèche. Un sol de prairie est plus léger ; une couche de neuf pouces, nettoyée de racines, pèse, étant parfaitement sèche, 2,250,000 lbs. Supposons donc un sol sec contenant 0.10 pour cent d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse, neuf pouces de ce sol en contiendront, par acre, 2,250 lbs. à 3,500 lbs.

On rencontre dans le sol une grande partie d'éléments nutritifs, dans une condition telle, que les plantes ne peuvent les utiliser. Un acre de terre peut

contenir plusieurs milliers de livres d'acide phosphorique ou d'azote tout en restant pauvre ; tandis que, si l'on y ajoute 50 lbs. d'azote ou d'acide phosphorique sous forme de superphosphate ou de nitrate de soude, la fertilité augmente considérablement.

L'effet utile des éléments nutritifs dépend beaucoup de la nature du sol ; ainsi, il faudra une quantité de nourriture moindre dans un sol sablonneux que dans un sol argileux. Cette différence est due partiellement au plus grand développement des racines dans un sol sablonneux et partiellement à la condition dans laquelle se trouvent les aliments minéraux. Hilgard a constaté que la chaux dans le sol, surtout quand elle est mélangée avec de l'humus, rend plus efficaces la potasse et l'acide phosphorique, de sorte qu'il suffit de quantités moindres de ces deux substances, quand il y a une certaine quantité de chaux pour en activer l'effet.

Les racines des plantes ne peuvent absorber leur nourriture qu'en tant qu'elle est dissoute ou qu'elle peut l'être par le contact de la sève acide de leur chevelu. Toute substance qui n'est ni dans l'une ni dans l'autre de ces conditions, n'est pas propre à la nourriture des plantes, mais elle peut le devenir à la suite d'un travail chimique dans le sol. La plupart des ingrédients que contient le sol sont insolubles ; ce fait est réellement d'un très grand avantage, car autrement, certains sols perdent leur fertilité à la suite de pluies abondantes.

Les *analyses chimiques* n'ont généralement pour but que de déterminer la quantité totale des différents ingrédients qui composent le sol, ou bien les parties solu-

bles dans l'acide chlorhydrique concentré ; ce procédé n'en fait pas connaître le degré de fertilité. Dyer s'est servi, avec succès, d'une solution diluée d'acide citrique pour analyser le sol, parce que cette solution possède une âcreté identique à celle de la sève des racines. Au moyen de cette méthode, on peut déterminer la quantité de potasse et d'acide phosphorique assimilables qu'un sol contient.

8. *Oxydation dans le sol.*—Les substances d'où proviennent des matières azotées, contiennent toujours beaucoup de carbone. Le rapport de l'azote au carbone des racines et du chaume des céréales est de 1:43 ; pour les légumes, il est de 1:23 ; pour le fumier d'étable à moitié décomposé, il est de 1:18. Ces matériaux s'oxydent dans le sol à cause surtout d'organismes vivants de diverses espèces (insectes, vers, champignons, bactéries) et il se produit de grandes quantités d'acide carbonique. Ainsi, dans une prairie (nettoyée de racines) on trouvera à peu près comme rapport de l'azote au carbone 1:13 ; dans une terre arable, 1:10 ; et dans un sous-sol de glaise, 1:6. Ces chiffres établissent le rapport de l'azote au carbone dans les substances humiques ordinaires.

L'azote de l'humus ne pourrait être utilisé par les plantes tel quel ; pour qu'il leur puisse servir de nourriture, il doit être converti en ammoniacque et en acide nitrique. Les différentes phases de ce travail sont probablement l'œuvre de diverses espèces de bactéries qui, en oxydant l'humus, produisent d'abord de l'acide carbonique. La *nitrification* finale de l'ammoniacque ou des amides est accomplie par deux espèces de

bactéries dont l'une produit des nitrites que l'autre transforme en nitrates. Des résidus végétaux frais se nitrifient plus facilement que de l'humus vieux.

La bactérie de la nitrification est très abondante dans le sol ; la profondeur jusqu'à laquelle elle pénètre dépend du degré de porosité du sous-sol. Dans le sous-sol argileux de Rothamsted, à une profondeur de trois pieds, on ne trouvait pas toujours et partout des organismes. La nitrification ne peut se faire que dans un sol humide et suffisamment poreux, où l'air peut pénétrer ; il faut aussi certaines bases avec lesquelles l'acide nitrique peut se combiner ; cette condition se trouve parfaitement remplie lorsqu'il se trouve du carbonate de chaux, il se forme alors du nitrate de chaux ; elles se trouvent ordinairement dans le carbonate de chaux parce qu'il se transforme en nitrate de chaux. La nitrification a surtout lieu en été ; elle cesse par un froid auquel l'eau se congèle. Les organismes de la nitrification meurent en temps d'excessive sécheresse.

L'oxydation est la plus active dans une terre labourée. C'est dans les terres arables qu'il se produit le plus de nourriture assimilable pour les plantes. La proportion d'humus d'une terre arable ne sera pas modifiée si la quantité qui s'oxyde chaque année est remplacée par les résidus des récoltes ou par des engrais organiques. D'un autre côté, dans une pâture ou un sol forestier, il s'amasse une quantité considérable de matières organiques parce que les détritiques de racines mortes et de feuilles ne peuvent être oxydés à mesure qu'ils se forment.

Dans un marécage bourbeux, l'oxydation ne saurait avoir lieu quand l'eau couvre toute la surface, l'air ne

pouvant pénétrer dans le sol. Il peut s'y accumuler une quantité illimitée de matières organiques quand des plantes peuvent végéter dans des conditions permettant cette accumulation.

9. *Mouvements ou transports des sels dans le sol.*—Quand l'eau pénètre dans le sol, elle entraîne avec elle une certaine quantité de matières solubles qu'elle y rencontre. Elle entraîne surtout le carbonate de chaux, les nitrates, et les sulfates de soude et de chaux et les chlorures de calcium et de sodium. En temps d'averse, ces substances sont entraînées jusque dans le sous-sol et vont se perdre dans les sources, les ruisseaux et les rivières. Par une saison pluvieuse, les terres bien fumées perdent une quantité considérable de nitrates ; on estime que ces pertes équivalent à plusieurs centaines de livres de nitrate de soude par acre. En temps de sécheresse, il se produit du l'évaporation et, en vertu de la capillarité, une partie de l'eau du sous-sol monte à la surface et les sels qu'elle contient sont de nouveau concentrés dans la couche superficielle ; ces sels, en certains cas rares, forment une croûte blanche à la surface. L'attraction capillaire est très faible dans les terres composées de sables grossiers.

Outre le transport rapide des sels par l'eau, ceux-ci se meuvent encore tant soit peu, dans le sol en vertu de leur *pouvoir diffusif* moléculaire ; à cause de ce pouvoir, les particules passent continuellement d'une solution plus forte à une autre plus faible. Ce mouvement qui a toujours lieu dans des terres humides distribue d'une manière uniforme toute la matière soluble. Si l'on donne à un sol humide, du nitrate ou du chlorure de sodium, l'engrais est dissout et pénètre lentement

à l'intérieur, même quand il ne pleut pas. S'il tombe une forte pluie, enlevant tous les sels solubles qui se trouvent à la surface, ceux-ci monteront lentement, en vertu de leur pouvoir diffusif, aussitôt qu'il cesse de pleuvoir. Parmi les sels solubles et diffusibles, les nitrates sont les plus importants, comme nourriture des plantes. La quantité de nitrates du sol est très variable ; elle dépend de la richesse du sol en azote, des conditions de température et d'humidité préexistantes de la façon dont la terre a été lavée par les pluies et de ce que le sol porte ou ne porte pas de récoltes. Là où croît une récolte, les nitrates sont plus près de la surface, parce que l'évaporation de l'eau y est plus active que sur une terre nue. Les racines des plantes les absorbent constamment, et la plante les utilise comme nourriture. Il se perd donc par drainage moins de nitrates quand la terre porte des plantes que quand elle n'en porte pas.

Pouvoir absorbant du sol.— La surface d'un sol humide et fertile est capable d'absorber de l'ammoniaque dans l'atmosphère. L'absorption a lieu sans interruption si l'ammoniaque est convertie au fur et à mesure en nitrate. La quantité absorbée peut être considérable quand le sol est suffisamment poreux et que la nitrification a lieu.

Les parties inorganiques et humiques du sol ne peuvent se combiner avec l'azote libre de l'atmosphère ; d'après Schloesing et Laurent, l'azote est absorbé par une certaine plante très petite du genre varech et aussi par un bacille découvert par Winogradsky. Les bacilles assimilent l'azote libre seulement quand il est en contact avec des substances propres à

fermenter et en l'absence d'oxygène et d'ammoniaque. L'absence de l'oxygène est suffisamment assurée par la présence d'autres organismes qui l'emploient largement. On ne sait pas si ces bacilles sont identiques aux organismes qui font naître aux racines de trèfle les tubercules qu'on y voit. Si l'on arrose un sol fertile avec une solution d'acide phosphorique, de potasse ou d'ammoniaque, l'eau filtrée à travers la couche arable, ne contient presque rien de ces substances. Cette faculté du sol de retenir l'acide phosphorique, la potasse, etc., est de la plus grande importance en agriculture, parce qu'il en maintient la fertilité malgré les pluies, et permet l'emploi d'engrais solubles. Les substances auxquelles le sol doit ce pouvoir sont les hydrates d'oxyde ferrique et d'alumine, les hydrosilicates d'alumine et l'humus.

L'oxyde ferrique est un des éléments ordinaires du sol ; c'est à lui qu'on doit attribuer la couleur rouge de plusieurs terrains. C'est surtout cet oxyde qui retient l'acide phosphorique. Quand une solution de phosphate de calcium dans de l'acide carbonique est mise en contact avec de l'oxyde ferrique hydraté, en excès, l'acide phosphorique est graduellement absorbé et la chaux reste en solution sous forme de carbonate. L'alumine hydratée agit de la même manière. L'oxyde ferrique et l'alumine retiennent aussi très bien l'ammoniaque, la potasse et d'autres bases ; mais, les composés ainsi formés sont plus ou moins décomposés par l'eau. Les hydrosilicates retiennent d'une manière permanente la potasse et les autres bases. L'humus possède un grand pouvoir absorbant pour l'ammonia-

que ; il retient aussi d'autres bases avec lesquelles il peut former des composés insolubles.

Le sol retient moins bien la magnésie, la chaux et la soude que la potasse et l'ammoniaque.

En mettant de la terre fertile en contact avec une solution de sel de potassium ou d'ammonium, la chaux est dissoute et prend la place de la potasse ou de l'ammoniaque qui sont absorbées de préférence.

Des terres pauvres en calcaire retiennent fort mal la potasse et l'ammoniaque appliquées sous forme de sel d'un acide fort, par exemple, sous forme de chlorures, de sulfates ou de nitrates.

Lorsqu'il y a dans le sol du carbonate d' calcium le sel de potassium ou d'ammonium est décomposé et la base est retenue par le sol, tandis que l'acide uni au calcium est emporté par l'eau de drainage.

Il faut donc, pour que le sol puisse mieux retenir les bases, l'amender avec de la marne, de la craie ou de la chaux.

De toutes les substances qu'absorbe le sol, l'acide phosphorique est le mieux retenu ; toutes les bases sont lentement emportées par l'eau. L'action de cet élément est moins efficace dans un sol pauvre ou dans un autre lavé par la pluie ; elle est plus grande dans une terre fortement fumée. Le sol contient toujours quelque nourriture végétale en solution.

La fertilité permanente d'un sol dépend beaucoup de son pouvoir de retenir les éléments nutritifs. Dans les eaux de drainage d'un sol argileux, on trouve à peine des traces d'acide phosphorique, d'ammoniaque ou de potasse.

Les sols sablonneux sont d'une fertilité naturelle très pauvre, à cause de leur pouvoir chimique de rétention peu développé et la facilité avec laquelle ils s'assèchent ; leur fertilité dépend directement d'applications immédiates d'engrais.

Il y a peu de doute que les principes nutritifs existant dans le sol ne sont susceptibles d'être absorbés par les racines que s'ils s'y trouvent en solution ou sous la forme des combinaisons dont il vient d'être question c'est-à-dire combinée avec de l'oxyde ferrique, des hydrosilicates et de l'humus. Les diverses plantes possèdent à un degré différent le pouvoir d'attaquer ces formes variées de nourriture végétale.

11. *Labour et drainage.*—Le labour et le drainage favorisent la vie végétale sous différents rapports et augmentent la quantité de nourriture à la disposition des plantes.

Si un labour est suivi de gelée ou de pluies et de sécheresses alternatives, le sol se pulvérise et devient plus poreux. Dans un tel sol, les fibres délicates des racines se forment mieux et s'étendent plus facilement, car les particules sont plus nombreuses et, par conséquent, la surface sur laquelle elles se nourrissent est plus grande.

En labourant la terre, on enfouit les déchets de récolte, l'ivraie et l'engrais. Ce travail se fait au moyen de la charrue. Il y a deux sortes de labours ; le labour profond et le labour superficiel. Le premier appliqué aux terres fortes, les rend mieux pénétrables à la pluie, et en augmente la température : il est pour le sol un véritable drainage ; le second est préférable

en temps de sécheresse parce qu'il conserve l'humidité. On peut encore la conserver en tassant le sol.

Un autre avantage remarquable du labour est de bien aérer l'intérieur du sol. Les sols argileux et d'autres riches en humus, absorbent dans ces conditions, de l'ammoniaque de l'atmosphère et augmentent ainsi leur provision d'azote. L'oxydation de la matière organique azotée est aussi rendue plus facile car il se produit des acides carbonique et nitrique. La désagrégation et la dissolution des particules des roches se font à la suite d'un travail mécanique ou chimique. Le meilleur résultat du labourage est d'augmenter considérablement la quantité de nitrates du sol.

Au moyen d'un *drainage à tuyau*, les différentes actions chimiques dont il vient d'être question ont lieu dans le sous-sol à une profondeur plus ou moins grande, car, le niveau d'eau ayant baissé, l'air pénètre plus profondément pour remplir les nouvelles cavités. Le drainage a pour effet de permettre aux racines de pénétrer plus profondément dans le sol et augmente par conséquent l'étendue dans laquelle elles puisent leur nourriture; car les racines ne peuvent croître sans oxygène et elles pourrissent aussitôt qu'elles atteignent le niveau permanent de l'eau. La désoxydation se fait rapidement dans un sol submergé, les nitrates se décomposent et une partie de l'azote s'échappe sous forme de gaz; donc, faute de drainage, le sol perd une quantité considérable d'éléments nutritifs.

Le drainage s'établit naturellement dans les sols compacts par des fissures ou des fentes qui s'y produisent en temps de sécheresse et surtout par des canaux provenant de racines qui meurent et disparaissent

ou par des galeries creusées par les vers. Ces deux dernières causes contribuent beaucoup à accroître la porosité des terres compactes.

12. *Ecobuage*.--L'écobuage a pour but d'augmenter la quantité de nourriture assimilable par les plantes et d'amender les terres fortes. Pour faire brûler de la terre, on la forme en petits tas qu'on épand et enfouit ensuite. Si la terre contient du calcaire et si la température est élevée la chaux attaquant les nitrates, une partie de la potasse se dégagera de ses combinaisons insolubles. Afin d'obtenir les meilleurs résultats, il est essentiel que l'écobuage se fasse à une basse température. L'écobuage étant un moyen extrême, il n'est recommandable qu'en très peu de cas; il en résulte toujours une perte complète de l'azote contenu dans le sol brûlé.

CHAPITRE III.

ENGRAIS.

Différence entre la végétation naturelle et l'agriculture—Nécessité de l'emploi des engrais. *Fumier d'étable*.—Circonstances qui influent sur ses qualités—Pertes pendant la préparation—Changements pendant la fermentation—Sa composition moyenne—Lenteur de ses effets. *Algues—Guano—Engrais de poisson—Sulfate d'ammoniaque—Nitrate de soude—Suie—Sang desséché—Cornes pulvérisées et déchets de laine—Farine de viande—Guano de viande—Os—Tourteaux de lin—Scories phosphatées et phosphates broyés—Superphosphates—Gypse—Chaux—Craie et marnes—Sels de potassium—Sel commun—Valeur relative des engrais*.—Résultats d'expériences comparatives—Prix par unité—Application des engrais—Importance d'une distribution parfaite—Temps le plus favorable à ce travail—Rendement des engrais employés.—Rendements dus aux substances azotées—Effets du résidu d'engraisements antérieurs.

Le sol couvert d'une végétation naturelle, prairie ou forêt, est toujours riche en substances alimentaires pour les plantes. Les éléments pris au sol, lui sont restitués quand les plantes meurent ou à la mort des animaux qui y ont vécu. Dans ces circonstances, le sol devient riche en carbone et en azote, car la quantité qui vient de l'atmosphère excède d'abord, puis balance toutes les pertes. Le sol s'enrichit aussi de principes fertilisants minéraux, car, quand la plante meurt, elle dépose à la surface, les éléments minéraux puisés dans le sous-sol par les racines.

Un sol vierge est donc généralement bien pourvu de substances alimentaires pour les plantes et capable de porter sans engrais de très bonnes récoltes.

Aussitôt qu'un sol est labouré, l'oxydation des matières organiques antérieurement accumulées commence, le drainage se fait mieux et les pertes qu'il cause s'accroissent beaucoup. Les restes végétaux et animaux sont aussi consommés. Il faudra donc, tôt ou tard, faire provision d'éléments nutritifs afin de rendre à la terre les substances alimentaires disparues si, bien entendu, l'on veut en maintenir la fertilité. De là la nécessité des fumures ou la restitution.

On rendra à la terre à peu près tout ce qu'elle a perdu de substances alimentaires pour les plantes, en y rapportant les excréments des hommes et des animaux qui ont vécu de ses produits. Cette restitution peut se faire partiellement au moyen de fumier d'étable ; mais l'existence de villes et les systèmes d'égouts qui y sont en usage rendent impossible une restitution complète par ce moyen. Le fermier est donc obligé d'acheter pour ses terres, des engrais en échange d'une partie de ses récoltes et des animaux qu'il vend sur sa ferme.

Il faut rendre aux terres naturellement pauvres tous les éléments nutritifs enlevés par les récoltes, mais, la plupart des terres contenant en abondance certains de ces éléments, une fumure partielle sera par conséquent suffisante. En fumant fortement, le sol recevra plus d'éléments nutritifs qu'il n'en cède et la fertilité en augmentera. Au chapitre IV, il est question du caractère de l'épuisement résultant de certaines récoltes et du mode de restitution le plus économique ; au chapitre V on explique les pertes pendant un assolement et au chapitre VI celles résultant de la vente des produits de l'étable.

Par fumier d'étable, il faut entendre les excréments liquides et solides des animaux y compris la litière. La composition en varie d'après les espèces d'animaux, la qualité de la nourriture qu'on leur donne la nature de la litière et la proportion dans laquelle elle figure. Cette partie du sujet sera traitée au chapitre IX.

Le traitement du fumier est d'une grande importance. La plus grande partie de l'azote est déposée sous forme d'urine et généralement, plus le régime alimentaire est riche, plus la quantité d'azote est grande. Si donc on laisse perdre les parties liquides par écoulement ou infiltration, et si les parties solides sont lavées par les pluies, il se perd une quantité considérable d'azote et de potasse. De là, la grande supériorité du fumier fait dans une cave sur celui fait à l'air dans la cour de la ferme. Holdefliess a constaté qu'une certaine quantité de déjections et de litières conservées dans une fosse profonde, et pesant 10 tonnes, contenait 108 lbs. d'azote, tandis que cette même quantité, si elle avait été mise en tas dans la cour n'aurait pesé que $7\frac{1}{2}$ tonnes et contenu que 64 lbs. d'azote.

Rappelons que l'urée, qui forme le principal composé azoté de l'urine, se transforme très rapidement en carbonate d'ammoniaque par suite de la fermentation ; et comme cette substance est volatile, il se perd facilement une grande quantité d'azote. Cette perte a lieu surtout dans l'étable. Müntz et Girard ont constaté qu'il se perd dans les déjections des vaches et des chevaux 30 pour cent d'azote. Les pertes sont plus grandes pour les moutons parce que leurs déjections liquides

sont plus concentrées. On peut beaucoup diminuer ces pertes en donnant aux animaux d'épaisses litières faites plutôt de tourbe ou de mousse de tourbe que de paille. Encore, en ajoutant à la paille de la terre (pas de sable ni de craie), on augmente beaucoup son pouvoir d'absorber l'ammoniaque. En saupoudrant la litière de superphosphate ou de kaïnite, on diminue aussi les pertes d'ammoniaque. L'ammoniaque du fumier frais se perd graduellement ; elle se combine sans doute avec les substances organiques provenant de la décomposition de la litière.

Le fumier d'étable entre rapidement en *fermentation*. Placé en tas, il s'échauffe fortement et une grande quantité d'acide carbonique et de gaz des marais est produite. La fermentation est plus active quand le fumier n'est pas tassé, parce que l'air y peut pénétrer en plus grande quantité ; elle l'est moins quand la masse est foulée. Quand il y a fermentation dans du fumier humide tassé dans un endroit à l'abri de la pluie, il se perd une quantité considérable de matières carbonées mais, comparativement parlant, peu d'azote ; si, toutefois, le fumier se dessèche et qu'il apparaît de la moisissure, il peut alors se perdre une quantité considérable d'azote. On peut prévenir la perte d'azote si, lors de la construction du tas, on fait alterner les couches de fumier avec des couches de terre.

Le fumier fermenté bien fait, est plus concentré que du fumier frais, car, pendant la fermentation il a beaucoup perdu de poids, sans avoir subi une perte proportionnelle de ses constituants utiles, dont plusieurs

sont même devenus plus solubles. Il est dans beaucoup de cas préférable de charroyer au champ le fumier frais et de l'enfouir sans retard. De cette manière on prévient toutes pertes occasionnées par la mise en tas et l'on obtient ainsi tous les profits qu'il est capable de donner. Afin d'éviter la détérioration du fumier distribué par tas dans les champs, on couvre ceux-là d'une couche de terre épaisse de six pouces.

Le fumier d'étable contient de 65 à 80 pour cent d'eau. L'azote s'y trouve ordinairement dans la proportion de 0.45 pour cent, taux qui peut s'élever à 0.65 pour cent, et même plus si les animaux sont très gras et que la litière est faite avec de la mousse de marécage. La proportion des éléments minéraux varie de 2.5 à 3 pour cent, abstraction faite du sable et de la terre qu'on trouve toujours dans le fumier. Dans ces éléments il y a 0.4 à 0.7 de potasse et 0.2 à 0.4 d'acide phosphorique. Une tonne de fumier d'étable contient donc 10-15 lbs. d'azote, autant de potasse et 4-9 lbs. d'acide phosphorique.

Le fumier d'étable est un fumier complet, c'est-à-dire qu'il contient tous les éléments essentiels à la nutrition des plantes. Le rendement immédiat du fumier d'étable sur une même terre est moindre que celui d'une quantité égale d'engrais artificiel.

L'effet du fumier d'étable se manifeste pendant plusieurs années parce que l'azote qu'il contient n'y est pas sous forme d'ammoniaque mais sous celle de composés carbonés dont la décomposition dans le sol se fait très lentement.

Le fumier d'étable améliore la condition physique du sol en augmentant la proportion d'humus.

Algue.—Cet engrais, étant frais, vaut autant que le fumier d'étable.

Sa valeur augmente au fur et à mesure qu'il perd l'eau qu'il contient.

Guano.—Le guano est surtout composé d'excréments desséchés d'oiseaux de mer. Quand le guano a été déposé en temps de sécheresse, il est généralement très riche en matières azotées, et en phosphates. S'il a été alors exposé à la pluie, les matières azotées primitives se sont décomposées et l'azote s'est volatilisé ; le guano restant est alors presque toujours un guano phosphaté. Le guano d'Icha'hœ, par exemple, qui est un dépôt récent, contient presque 12 pour cent d'azote et 10 pour cent d'acide phosphorique, tandis que le guano d'Arbrohlos constitue un phospho-guano contenant 1 pour cent d'azote et 33 pour cent d'acide phosphorique.

Les plus grands dépôts de guano se trouvent sur les côtes du Pérou et sur les îles voisines. Les exportations qui en viennent contiennent 2-10 pour cent d'azote, 14-28 pour cent d'acide phosphorique et 0.2-3.4 pour cent de potasse. Il faut, à cause de ces variations considérables dans la richesse du guano, le faire analyser avant de faire vos achats.

Dans un guano azoté, l'azote se rencontre principalement sous forme d'acide urique et sous celle de sels ammoniacaux. La forte odeur que répand le guano humide est attribuée au carbonate d'ammoniaque. L'acide phosphorique se rencontre surtout sous forme de phosphate de chaux ; mais dans les guanos azotés, il y a une

petite proportion de phosphate d'ammoniaque, sel très soluble dans l'eau.

Le guano humide du Pérou est parfois soumis à un traitement à l'acide sulfurique ; on l'appelle alors du *guano dissous*. Un tel guano ne contient plus de carbonate d'ammoniaque volatil et presque tout le phosphate qu'il renferme est devenu soluble dans l'eau.

Le guano azoté est un engrais fortement concentré et peut être très avantageusement employé pour les récoltes de maïs, de pommes de terre et de carottes. Le guano phosphaté convient aux navets (turnips) ; mais ordinairement ces sortes de guanos sont convertis en superphosphates avant d'être utilisés pour les récoltes.

Engrais de poisson.—L'engrais de poisson consiste en déchets de poissons desséchés et pulvérisés. Il contient ordinairement 7—8·5 pour cent d'azote. Celui qui est fabriqué avec des déchets de morue contient 13—14 pour cent d'acide phosphorique sous forme de phosphate de chaux, et celui qui est fabriqué avec des déchets d'églefin et de hareng en contient 6—9 pour cent. Si l'engrais de poisson contient beaucoup d'huile, il perd de sa valeur parce qu'alors il se décompose moins bien dans le sol.

Sulfate d'ammoniaque.—Le sulfate d'ammoniaque est préparé avec les produits ammoniacaux des usines à gaz, des fours à coke, des fabriques de noir animal, etc. Sous forme de cristaux, c'est un des engrais les plus azotés que le fermier puisse se procurer ; il contient 24—25 pour cent d'ammoniaque, soit 19·3—20·6 pour cent d'azote.

On doit s'assurer que l'engrais ne contienne pas de sulfocyanate d'ammoniaque, substance très nuisible aux plantes. S'il y a présence de sulfocyanates, une solution de ce sel deviendra rouge comme du sang en y ajoutant du chlorure de fer.

Le sulfate d'ammoniaque est un *engrais spécial*, employé seulement pour l'azote qu'il contient. C'est un très excellent engrais pour les céréales ; on le mélange ordinairement avec des superphosphates. Les phosphates et les sels potassiques mélangés au sulfate d'ammoniaque donnent de meilleurs résultats que si on les emploie concurremment avec le nitrate de soude.

Quelques jours ou quelques semaines après qu'un sol humide et fertile, ait été saupoudré, l'ammoniaque est convertie en nitrates. L'emploi du sulfate d'ammoniaque fait perdre au sol plus ou moins de chaux, parce que l'acide sulfurique et l'acide nitrique s'unissent à la chaux du sol et les sels qui se forment sont entraînés en partie par les eaux de drainage. L'effet des sels ammoniacaux n'est guère appréciable dans un sol dépourvu de chaux.

Nitrate de soude.—On trouve au Pérou, d'énormes dépôts de nitrate de soude brute mélangé à une forte proportion de chlorure de sodium. Le nitrate expédié de ce pays a été purifié par cristallisation ; il contient 95-96 pour cent de nitrate pur ou 15.6—15.8 pour cent d'azote. L'impureté qu'on y trouve le plus communément est le sel commun.

Cet engrais, comme le précédent, n'est recherché que pour l'azote qu'il renferme. Il est excellent pour toutes les récoltes exigeant un apport supplémentaire

d'azote artificiel, notamment le maïs et les betteraves. Pour les céréales, il est très bon de l'employer simultanément avec le superphosphate. Il ne faut pas mélanger le nitrate de soude avec du superphosphate humide parce que, après quelque temps, l'acide nitrique se dégage. Il ne faut faire le mélange qu'au moment de l'employer ; ou bien on mélange le superphosphate avec la semence et l'on épand le nitrate après les semailles.

Le nitrate de soude donne généralement de meilleurs résultats qu'une quantité égale d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque. Le nitrate convient mieux en temps de sécheresse ; en temps de pluie, il est parfois préférable d'employer du sel ammoniacal.

Le nitrate de soude convient spécialement aux terres argileuses. La soude qu'il dépose dans le sol concourt probablement à rendre assimilables la potasse et les phosphates qu'il contient. Il est plus actif et plus prompt que tout autre engrais azoté et doit, pour cette raison, être préféré, comme engrais supplémentaire, quand la saison est tardive.

Suie, sang desséché, cornes pulvérisées et déchets de laine.—Ce sont tous des engrais exclusivement azotés. La *suie* contient une petite quantité variable de sels ammoniacaux. Dans la bonne suie de cuisine il peut y avoir 3·5 pour cent d'azote. *Du sang séché* est un excellent engrais : il contient 9—12 pour cent d'azote. Les *sabots* et les *cornes* sont très riches en azote, la proportion étant ordinairement de 15 pour cent. La composition des *déchets de laine* varie beaucoup, parce qu'ils contiennent des proportions différentes

d'eau, de coton, de poussière et de graisse ; la proportion d'azote varie de 5 à 8 pour cent.

L'azote du sang, des cornes, de la laine, et des poils n'existe pas dans ces substances sous forme immédiatement assimilable. Le sang se décompose rapidement dans le sol ; il émet d'abord de l'ammoniaque, ensuite, de l'acide nitrique. La corne, la laine et les poils se décomposent plus lentement, mais l'effet s'en fait sentir pendant plusieurs années.

La suie est généralement employée au printemps comme engrais supplémentaire. Du sang séché convient très bien au froment. La laine et les poils servent généralement comme engrais pour le houblon.

Farine de viande, guano de viande.— Ce sont des résidus provenant de la fabrication de l'extrait de viande, et leur composition est différente suivant la quantité d'os qu'on y trouve. On distingue : l'engrais azoté qui renferme 11-13 pour cent d'azote et 0.6-3.0 pour cent d'acide phosphorique, et l'engrais phosphaté contenant 6-7 pour cent d'azote et 14-17 pour cent d'acide phosphorique.

Os.—On utilise beaucoup les os comme engrais ; on en extrait la graisse au moyen de la vapeur. Les os du commerce contiennent environ 3.6 pour cent d'azote et 23 pour cent d'acide phosphorique sous forme de phosphate de chaux. Les os dont on a extrait la gélatine contiennent environ 1.4 pour cent d'azote et 29 pour cent d'acide phosphorique.

Les os se décomposent lentement, surtout dans une terre forte ; l'effet en dure plusieurs années. L'effet des

os se manifeste d'autant plus rapidement qu'ils ont été plus finement broyés. Les os sont généralement employés comme engrais pour les prairies et les champs de navets.

Tourteaux oléogineux.—Les tourteaux impropres comme fourrages sont employés comme engrais ; ils valent d'autant plus comme engrais qu'ils contiennent plus d'azote, de potasse et de phosphate.

Scories phosphatées et phosphates broyés—Certains phosphates bien broyés peuvent être très utilement employés comme engrais sans qu'ils soient préalablement convertis en superphosphates. Les phosphates qui conviennent le mieux à cet usage sont les scories Thomas, les guanos phosphatés et les cendres d'os. Les *scories phosphatées* contiennent 12—22 (moyenne 16—17) pour cent d'acide phosphorique et une certaine quantité de chaux.

L'emploi en est maintenant répandu partout. Les sols auxquels cet engrais convient le mieux sont les sols riches en humus et pauvres en carbonate de chaux ; c'est dans de telles conditions (présence d'acide humique et d'acide carbonique libre) que le phosphate de chaux se dissout le mieux. Les terrains tourbeux et les pâturages se prêtent très bien à ce traitement. Les scories Thomas conviennent très bien aux navets précoces. Tous les phosphates qui ne sont pas solubles doivent être broyés en poudre très fine.

Superphosphates.—Il y a, dans la nature, abondance de phosphates minéraux (phosphates de chaux) ; beaucoup d'entre eux sont si peu solubles que, employés comme engrais, on n'en constate presque pas l'effet ; en

les soumettant à un traitement à l'acide sulfurique (densité 1.55), le phosphate tricalcique faiblement soluble qu'ils contiennent est converti en acide phosphorique, ou en phosphate monocalcique soluble, et il se forme en même temps du sulfate de chaux. Le superphosphate est donc un mélange d'acide phosphorique et de phosphate monocalcique avec du gypse et une quantité variable d'impuretés (telles que sables, et des composés de fer et d'aluminium) provenant du minéral primitif. Le superphosphate contient généralement plus ou moins de phosphate insoluble; cette quantité est d'autant plus grande que l'engrais a été mal fabriqué.

La valeur du superphosphate dépend principalement du pour cent de *phosphate soluble*. Par ces mots les chimistes n'entendent pas du phosphate monocalcique, mais la quantité de phosphate tricalcique devenu soluble.

A côté du phosphate soluble et du phosphate insoluble, le superphosphate contient ordinairement ce qu'on appelle du *phosphate rétrogradé*, c'est-à-dire du phosphate qui était d'abord soluble et qui est redevenu insoluble dans la suite. La diminution du superphosphate soluble, pendant l'emmagasinage du superphosphate, a surtout lieu quand l'engrais a été fabriqué avec de la matière première contenant de l'oxyde de fer et de l'alumine; on l'attribue à la formation de phosphate de fer et d'alumine. On estime la proportion de phosphate rétrogradé contenue dans le superphosphate en tenant compte du fait que, quoique insoluble dans l'eau, le phosphate rétrogradé devient soluble dans une solution de citrate

d'ammoniaque. La valeur du phosphate rétrogradé, comme engrais, tient le milieu entre celle du phosphate soluble et celle du phosphate insoluble.

Les meilleurs phosphates minéraux qu'on trouve en Angleterre sont les coprolithes de Cambridge. On n'en fait pas beaucoup usage pour le moment parce qu'il s'en importe à meilleur marché. On en tire des quantités énormes de la Caroline du Sud, de la Floride, de la Belgique et, en quantité moins grande, d'Algérie, d'Espagne et du Canada. Les phospho-guanos ne sont pas bien recherchés.

Les superphosphates les plus riches en phosphates solubles sont préparés avec des phospho-guanos ou avec les meilleures qualités de la Floride. Les cendres d'os et quelques phosphorites constituent de très bons engrais. La plus grande quantité de nos superphosphates sont préparés avec du phosphate des Carolines, de la Floride et de la Belgique ; cet engrais contient 23 à 27 pour cent de phosphate soluble.

Le superphosphate sert de base à la plupart des engrais artificiels. Pour composer un engrais propre aux navets, on ajoute au superphosphate des os, ou de la corne broyée, ou des sels d'ammoniaque ; cet engrais ne contient qu'une petite quantité d'azote. En mélangeant au superphosphate une plus grande quantité de sels d'ammoniaque et, dans certains cas, des sels de potassium, on obtient de bon engrais pour le maïs, l'herbe, la betterave et la pomme de terre. On désigne sous le nom d'*os dissous* du superphosphate fait en grande partie avec des os.

En employant le superphosphate dans un sol conte-

nant du carbonate de chaux, le phosphate soluble ne tarde pas d'être précipité, sous une forme assimilable par les racines de la plante. Dans beaucoup de cas, l'acide phosphorique est finalement converti en phosphate basique de fer, que les racines s'assimilent beaucoup moins facilement ; du phosphate fraîchement répandu est donc plus efficace que le résidu d'un engraissement antérieur.

L'effet des superphosphates est naturellement plus prompt que celui d'engrais composés avec du phosphate insoluble. Une petite quantité d'acide phosphorique, appliquée sous forme de superphosphate, aura autant d'effet et agira aussi promptement qu'une quantité considérable appliquée sous forme d'os ou de phosphate minéral.

Le superphosphate est beaucoup employé pour la culture des navets, auxquels il convient d'une manière particulière ; on l'emploie aussi pour les récoltes de maïs et surtout pour l'orge. Il hâte la maturité des récoltes.

Gypse.— Le gypse est un sulfate de chaux ; il n'a que très peu de valeur comme engrais. Les plantes auxquelles il convient le mieux sont les trèfles et les navets, parcequ'il leur faut une quantité considérable de soufre. Dans les sols vierges, l'emploi de gypse a parfois eu des effets étonnants pour les trèfles. Comme les superphosphates contiennent toujours beaucoup de gypse, il n'y a pas lieu de faire un apport spécial de gypse quand on a recours au superphosphate. On peut utilement employer le gypse finement broyé, dans les étables, pour empêcher la volatilisation du carbonate d'ammoniaque.

La chaux, la craie et la marne sont des engrais de la plus haute importance. Sur les terres naturellement pauvres en chaux, telles que la plupart des terres argileuses, pierreuses et marécageuses, ces substances apportent un élément indispensable à la nourriture des plantes. Certaines marnes renferment encore une quantité notable d'acide phosphorique et de potasse (s'il y a présence de glauconite). Toutefois il faut, dans la plupart des cas, attribuer aux actions chimiques accomplies dans le sol sous l'influence de la chaux, les effets de ces engrais.

L'effet de la *chaux éteinte* sur la végétation est plus puissant que celui de la craie ou de la marne, il faut en faire usage avec discernement de peur que l'humus du sol ne soit indûment diminué. Les terres fortes, et celles très riches en humus, profitent le plus de la chaux éteinte. Dans les marais tourbeux, la chaux est indispensable. Elle neutralise l'acidité de l'humus et favorise par là l'oxydation de la matière organique azotée et la production d'ammoniaque et de nitrates. La chaux provenant de calcaire magnésien (dolomite) est d'une valeur inférieure à celle que fournit la pierre calcaire normale.

La chaux rend assimilable la matière nutritive du sol mais ne l'augmente pas d'une manière appréciable ; pour cette raison, l'emploi de la chaux ne peut se faire, avec succès qu'à de longs intervalles.

Sels de potasse.—On trouve ces sels en très grande quantité à Stassfurt et Leopoldshall ; ils forment d'épais gisements reposant sur une masse énorme de

roches salines. Le sel de potasse le plus communément employé comme engrais est la kaïnite ; de fait, c'est un mélange de sulfate de potasse, de sulfate de magnésie et de chlorure de sodium. La kaïnite contient environ 13 pour cent de potasse. A cause des sels de magnésie qu'elle renferme, la kaïnite s'emploie dans les étables, pour prévenir la perte du carbonate d'ammoniaque ; à cet effet, on en saupoudre la litière et, immédiatement après, on la recouvre d'une autre couche de paille pour qu'elle ne vienne pas en contact avec la peau des animaux.

La cendre de bois peut aussi être employée comme engrais potassique ; elle contient de 5 à 10 pour cent de potasse. La cendre des rameaux est plus riche que celle des vieilles branches.

Les engrais potassiques conviennent surtout aux prairies et pâturages ; ils conviennent aussi aux récoltes de légumes, pommes de terre, carottes, artichauts, céleri. Certaines terres, surtout les terres argileuses, sont naturellement riches en potasse ; tout apport de potasse dans ces terrains est donc inutile.

Sel de cuisine—Le chlorure de sodium n'est pas à proprement parler, un aliment essentiel pour la nourriture des plantes. Le sel est ordinairement mélangé avec du nitrate de soude et sert alors comme engrais pour les betteraves ; il peut aussi être utilement employé pour les choux. Il faut probablement attribuer l'effet, assez peu considérable du reste, qu'il produit, à son action dans le sol, où il aide à mettre à l'état libre certaines substances importantes, notamment la potasse.

Valeur relative des engrais—On peut se rendre compte de la valeur relative des engrais de deux manières ; d'abord, en comparant leurs effets sur les récoltes, en second lieu, en calculant leur valeur commerciale d'après les prix du marché ; les deux méthodes ne donnent pas absolument les mêmes résultats, mais elles sont toutes deux satisfaisantes. Wagner, après plusieurs années d'expérience, a dressé un tableau de la richesse de quelques engrais azotés. Voici ce tableau :

Nitrate de soude.....	100
Sulfate d'ammoniaque.....	90
Sang, cornes broyées, engrais vert.....	70
Os pulvérisés, engrais de poisson, guano de viande	60
Fumier d'étable.....	45
Poussières de laine.....	30
Cuir pulvérisé.....	20

Par la même méthode, Wagner a constaté, en admettant que l'effet de l'acide phosphorique est de 100 pour le superphosphate, qu'il est de 58 dans les scories Thomas et de 30 dans le guano du Pérou, durant la première année. Ces résultats moyens donnent une bonne idée générale de la valeur relative des substances devant servir à la composition d'engrais ; cette valeur, toutefois, diffère d'après les terres et d'après les saisons.

Si on s'en rapporte aux prix des marchés, on peut, en bien des cas, calculer le prix par livre de ces substances. Dans le commerce, on se sert communément de l'expression *prix par unité*. Quand, dans une analyse quantitative, on multiplie les diverses proportions des éléments constitutants de l'engrais par ces prix, on

en obtient la valeur d'une tonne. Ainsi, si du nitrate de sodium contenant 15·6 pour cent d'azote, vaut £9 la tonne, celui-ci vaut, par unité, 11s. 6d. De même, si un superphosphate minéral vaut, £2 15s. la tonne et contient 67 pour cent de gypse valant £1 5s. la tonne et 12 pour cent d'acide phosphorique soluble, celui-ci vaut, par unité, 3s. 2d. L'on regarde le gypse comme de valeur nulle le prix de l'acide phosphorique par suite devient 4s. 7d.

Application des engrais.—Un engrais n'est efficace que quand les parties assimilables viennent en contact avec les racines des plantes. Afin d'obtenir ce résultat, l'engrais doit être judicieusement épandu et enfoui à la profondeur où végètent les racines. Les engrais solubles—tels que nitrate de soude, chlorure de sodium, sels ammoniacaux, sels de potasse et superphosphate,—possèdent l'avantage de se diffuser dans le sol, après la première averse, plus régulièrement qu'on ne pourrait le faire par un moyen mécanique quelconque. Il faut toujours broyer l'engrais aussi fin que possible avant l'épandage. Les engrais artificiels, quand on veut les semer à la main, doivent être mélangés avec de la terre sèche ou des cendres. On ne peut pas mélanger avec des cendres alcalines ou avec des scories Thomas des engrais contenant de l'ammoniaque, parce qu'il se perdrait ainsi une grande partie de ce gaz. Quand la plante exige de l'engrais, dès les premières phases de son développement (comme les navets qui exigent du superphosphate), on le mélange avec les semences ; mais, règle générale, on sème l'engrais à la volée, et on l'enfouit au moyen de la charrue ou de la herse.

Engrais employés en couverture.—Les

engrais sont ceux qu'on répand aux champs déjà semencés. On se servira dans ce cas, de préférence d'engrais solubles ou d'autres qui le deviennent rapidement dans le sol. On épandra avantageusement, par exemple, du nitrate de soude immédiatement avant la pluie. Pour les pâturages on ne se servira que d'engrais en couverture.

Les engrais peu solubles, et ceux que le sol a la faculté de retenir doivent être enfouis avant les semailles. Par contre, on n'épandra les engrais diffusibles qu'au moment où les plantes pourront les utiliser ; autrement, il s'en perdra une grande partie par infiltration. Le fumier d'étable, les algues, l'engrais de poisson, le sang, la corne, la laine, le guano de viande, les tourteaux de lin, les os, et les phosphates broyés et jusqu'à un certain point le superphosphate et les sels potassiques appartiennent à la première catégorie ; tandis que les nitrates et tous les engrais contenant de l'ammoniaque appartiennent à la seconde. On a d'abord cru que le grand pouvoir rétentif des sols fertiles pour l'ammoniaque prévenait toutes pertes par infiltration ; on sait maintenant que l'ammoniaque est rapidement convertie en nitrates quand elle est mélangée avec de la terre et que ces derniers sont facilement emportés par les grandes pluies.

D'après ces principes, une fumure automnale pour blé doit se composer surtout de fumier d'étable, de sang desséché, et de corne broyée avec ou sans superphosphate ; mais, les engrais complémentaires tels que le guano, les sels ammoniacaux ou le nitrate de soude ne peuvent être employés qu'au printemps. La question, toutefois, est surtout une question de climat et dans

les climats où l'hiver est sec, on peut avantageusement se servir, en automne, de sels ammoniacaux ou de guano. Par un printemps humide, afin d'éviter toutes pertes, au lieu d'épandre en une seule et même fois la quantité exigée de sels ammoniacaux et surtout de nitrate de soude, on épandra ces engrais par doses successives ; toutefois, l'emploi tardif des engrais azotés favorise plutôt la production de la paille que celle de la graine.

Les sols d'une texture lâche et d'un pouvoir rétentif faible doivent être fumés, de préférence, avec des engrais peu solubles, afin d'éviter les pertes qu'occasionnent les grandes pluies ; les engrais organiques, dans ce cas, conviennent le mieux, tels sont : le fumier d'étable, les algues, les tourteaux de lin et les engrais verts.

Utilisation de l'engrais par les récoltes.

— Les récoltes n'utilisent pas tout l'engrais qu'on leur donne ; il faudra donc, afin d'obtenir un résultat déterminé, fournir au sol une plus grande quantité d'engrais que n'en exigent les plantes. A Rothamsted, avec un engraissement moyen de nitrate de soude et une fumure considérable de cendres, on a retrouvé dans une récolte d'orge, une moyenne de 60 pour cent de l'azote. Cette moyenne est plus grande quand les saisons sont bonnes. Des betteraves fumées de la même manière, contenaient environ 62 pour cent de l'azote contenu dans le nitrate de soude, abstraction faite de celui des feuilles, celles-ci restant sur le champ. Faute d'une fumure complète de cendres, la quantité d'azote absorbé par une récolte est beaucoup moindre. Des sels ammoniacaux et des tourteaux de colza, employés comme engrais, ont donné

des résultats inférieurs à celui obtenu avec le nitrate de soude.

L'effet des engrais très solubles et actifs est immédiat ; c'est pourquoi les récoltes suivantes n'en profitent presque pas. Les sels ammoniacaux ou les nitrates donnent tout leur effet dès la première année.

L'action des engrais peu solubles et de ceux qui doivent d'abord se décomposer dans le sol avant qu'ils puissent servir de nourriture aux plantes, tels que le fumier d'étable, les os et les scories Thomas, dure plusieurs années. Des fermiers préfèrent cette dernière catégorie d'engrais, mais il est certain que la première catégorie fait fructifier plus tôt le capital engagé. Dans les cas où, à Rothamsted, on a fait usage annuellement de fumier d'étable pour les terres fortes, on a seulement retrouvé dans les récoltes de blé et d'orge environ 10 à 15 pour cent de l'azote pendant tout le temps qu'on a employé cet engrais ; mais l'orge en a profité pendant plusieurs années. Il est établi qu'une petite quantité d'un engrais actif produira le même effet qu'une quantité plus grande d'engrais moins actif.

Les *résidus* d'engrais phosphatés et potassiques peuvent suffire pour les récoltes suivantes ; mais, ils valent moins et sont moins actifs que ces mêmes engrais à l'état frais. Dyer a constaté que, sur une terre forte, franche, à Rothamsted, où $3\frac{1}{2}$ cwts (quintaux) de superphosphates ont été annuellement employés pendant 38 ans, presque tout l'acide phosphorique qui n'avait pas été absorbé par les plantes était emmagasiné dans une épaisseur de neuf pouces de la couche supérieure. Environ la moitié était encore soluble dans de

l'acide citrique faible. Là où 200 lbs. de sulfate de potasse ont été employées pendant 38 ans, presque les deux tiers de la potasse qui n'avait pas été absorbée étaient emmagasinés dans une épaisseur de neuf pouces de la couche supérieure, et plus que les deux tiers étaient solubles dans de l'acide nitrique faible.

CHAPITRE IV

RÉCOLTES

Matière sèche, azote et éléments minéraux contenus dans une récolte moyenne. *Récoltes de céréales.*—Composition caractéristique—Mode de nutrition—Meilleur mode de fumure. *Foin de prairie.*—Composition caractéristique—Nécessité des éléments minéraux—Influence des engrais sur la quantité et la qualité—Pâturages propres à puiser de l'azote dans l'atmosphère. *Récoltes de légumineuses.*—Composition caractéristique.—Source spéciale de l'azote—Maladie des trèfles. *Récolte de plantes-racines.*—Composition caractéristique—Différences dans la nutrition des navets, des betteraves et des pommes de terre. *Culture forestière.*—Production considérable de matières sèches en retour d'un léger engraissement avec cendres et azote. *Adaptation des engrais aux différentes cultures.*—Il faut tenir compte de la puissance d'assimilation de chaque plante. Distribution économique de l'engrais pendant un assolement—Des expériences faites sur chaque ferme peuvent seules faire connaître la valeur pratique des engrais. *Influence du climat et de la saison.*—Effet de l'excès ou du manque d'eau et de chaleur. Influence de l'hiver précédent. *Résidus de récoltes.*—Leur action—Différences entre diverses cultures.—*Mauvaises herbes.*—Leurs avantages et leurs inconvénients.

Il faut d'abord connaître la composition d'une récolte, avant d'en étudier les caractères chimiques. On peut voir, dans le tableau suivant, la composition moyenne de quelques récoltes ordinaires de la ferme et la production annuelle de trois espèces d'arbres forestiers. Les quantités de carbone, d'hydrogène et d'oxygène ne sont pas relevées, non plus que certaines parties minimes de la cendre. Par les mots "cendres pures," il faut entendre de la cendre exempte de sable, de charbon de bois et d'acide carbonique.

La composition du grain est toujours à peu près la même ; mais celle de la paille, des feuilles, des racines et des tubercules est très variable ; elle dépend beaucoup de la nature du sol, de l'engrais et de la saison. La composition des récoltes fourragères peut donc présenter de grandes différences. Cette question est traitée plus loin.

Récoltes de céréales. — Celles-ci contiennent beaucoup moins d'azote que les récoltes de légumineuses ou de plantes-racines ; presque les trois quarts de l'azote se trouvent dans le grain, tandis qu'il y en a seulement un quart dans la paille. La quantité d'acide phosphorique de ces récoltes ne diffère pas beaucoup de celle des autres récoltes ; cet élément est d'ailleurs celui dont la proportion subit la moindre variation parmi tous les constituants des récoltes. L'acide phosphorique est surtout concentré dans le grain. La potasse et la chaux se trouvent principalement dans la paille ; on en trouve moins dans les céréales que dans certaines autres récoltes.

Comme signe caractéristique, les récoltes de graminées renferment toujours une grande quantité de silice ; elles ont apparemment une tendance beaucoup plus forte que les autres récoltes à se nourrir au moyen de silicates. La plante s'approprie la base du silicate, tandis que la silice elle-même est excrétée à la surface des feuilles et de la paille. Il a déjà été dit que la silice n'est pas indispensable à la croissance des céréales ; celles-ci l'absorbent bien mais peuvent exister sans elle.

Les céréales peuvent donner pendant longtemps, un rendement passable sur une terre épuisée parce-

POIDS EN LIVRES ET PAR ACRE ET COMPOSITION MOYENNE DES RÉCOLTES ORDINAIRES.

	Poids de la récolte		Cendre pure	Azote	Soufre	Potasse	Soude	Chaux	Magnésie	Acide phosphorique	Chlore	Silice
	Au Champ	Sec.										
	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.
Froment, grain, 30 boisseaux ..	1,800	1,530	30	34	2.7	9.3	0.6	1.0	3.6	14.2	0.1	0.6
" paille ..	3,158	2,653	142	16	5.1	19.5	2.0	8.2	3.5	6.9	2.4	96.3
Récolte totale ..	4,958	4,183	172	50	7.8	28.8	2.0	9.2	7.1	21.1	2.5	96.9
Orge, grain, 40 boisseaux ..	2,080	1,747	46	35	2.9	9.8	1.1	1.2	4.0	16.0	0.5	11.8
" paille ..	2,447	2,980	111	14	3.2	25.9	3.9	8.0	2.9	4.1	3.6	56.8
Récolte totale ..	4,527	3,080	157	49	6.1	35.7	5.0	9.2	6.9	20.7	4.1	68.6
Avoine, grain, 45 boisseaux ..	1,800	1,625	51	34	3.2	9.1	0.8	1.8	3.6	13.0	0.5	19.9
" paille ..	2,835	2,853	140	18	4.8	37.0	4.6	9.8	5.1	6.4	6.1	65.4
Récolte totale ..	4,735	3,970	191	52	8.0	46.1	5.4	11.6	8.7	19.4	6.6	85.3
Blé d'Inde 30 boisseaux ..	1,680		22	28	1.8	6.5	0.2	0.5	3.4	10.0	0.2	0.5
" tiges etc. ..	2,208	1,877	99	15	..	29.8	..	..	..	0.8	..	..
Récolte totale ..	3,888	3,822	121	43	..	36.3	0.5	..	..	18.0	..	..
Foin de prairie, 1½ tonne ..	3,360	2,822	203	49	5.7	59.9	9.2	32.1	14.4	12.3	14.6	56.9
Foin de trèfle rouge, 2 tonnes ..	4,480	3,763	258	98	9.4	83.4	5.1	90.1	28.2	24.9	9.8	..
Fèveroles, graines, 30 boisseaux ..	1,920	1,613	58	78	4.4	24.3	0.6	2.9	4.2	22.8	1.1	0.4
" fanes ..	1,240	1,846	99	29	4.9	42.8	1.7	26.3	6.7	6.3	4.3	6.9
Récolte totale ..	4,160	3,461	157	107	9.3	67.1	2.3	29.2	9.9	29.1	5.4	7.3

qu'elles demandent peu au sol et probablement aussi parce qu'elles s'assimilent très facilement les silicates ; ceci est d'une grande importance en agriculture.

Les semailles d'automne (froment et seigle) poussent des racines plus profondes que les semailles de printemps (orge et avoine) ; la période de croissance en est plus longue aussi et elles peuvent, de ce fait, mieux puiser dans le sol les éléments minéraux.

Le labour de printemps pour orge et avoine, favorisant la nitrification dans le sol, il faut pour ces récoltes moins d'engrais azotés que pour le blé. Le blé-d'Inde, tout en faisant partie des semailles de printemps, mûrit à une époque plus tardive que les céréales dont il vient d'être question et peut, par conséquent, utiliser les nitrates accumulés pendant le cours de l'été. C'est probablement à cause de cet avantage que cette plante exige beaucoup moins d'engrais azoté que le blé.

Comme les céréales absorbent presque exclusivement l'azote sous forme de nitrates, et que leur croissance dépend (sauf pour le maïs) de la quantité de ces sels présents dans le sol avant le milieu de l'été, on les classe, quoique ne contenant que peu d'azote, dans la catégorie des récoltes profitant le plus des engrais azotés. Les phosphates sont généralement peu employés purs (surtout pour les semailles de printemps) ; on les mélange avec des engrais azotés, et alors ils donnent d'excellents résultats. Du guano azoté ou un engrais complémentaire de printemps, composé de nitrate de soude et de scories phosphatées ou de sulfate d'ammoniaque avec du superphosphate, constituent les meilleurs engrais pour une récolte de céréales. Pour la culture de l'orge à mal-

ter, il ne faut pas dépasser la quantité nécessaire des engrais azotés. Du nitrate de soude donne toujours un plus grand rendement en paille que le sulfate d'ammoniaque.

Foin de prairie.—Les herbes qui composent en majeure partie le foin, appartiennent à la même famille que les céréales ; toutefois, le rendement en graines est si petit proportionnellement à celui des tiges et des feuilles qu'on regarde le foin de prairie comme une récolte de chaume. En effet, le foin contient une plus grande proportion de potasse et de chaux qu'une récolte de céréales, et une proportion moindre d'acide phosphorique.

Les racines des graminées fourragères étant beaucoup plus courtes que celles des céréales, sont moins capables de puiser dans le sol les éléments minéraux ; si donc, on se propose de faucher l'herbe pour la convertir en foin, il faut fumer la prairie avec des engrais contenant de la potasse, de la chaux, et de l'acide phosphorique. Comme il s'accumule à la surface des prairies après un certain nombre d'années, des matières humiques, le sol devient pauvre en chaux, celle-ci ayant été dissoute et entraînée par les eaux de drainage. Dans ce cas, un apport de chaux, de craie, ou de scories basiques sera grandement efficace pour ramener la fertilité. La croissance de l'herbe, tout comme celle des céréales, est beaucoup stimulée par une application d'engrais azotés solubles.

Le fumier d'étable, les tourteaux et les composts sont les meilleurs engrais à épandre sur une prairie permanente, tant pour la quantité que pour la qualité du rendement. On peut obtenir de grands rendements de foin en engraisant les prairies avec du nitrate de soude, en même temps qu'avec de la kaïnite

et du superphosphate ; mais, avec un tel régime, l'herbe deviendrait promptement dure et grossière.

Des applications fréquentes d'engrais très riches en azote, et surtout les sels ammonicaux, font dépérir les trèfles naturels, les graminées seules restant. La croissance des trèfles est favorisée par un emploi d'engrais potassiques ou calcaires sans azote. Le pâturage a pour effet de favoriser la croissance des herbes fines et du trèfle, et d'arrêter le développement des herbes grossières.

Les herbages d'une prairie, à cause des nombreuses variétés de légumineuses vivaces qui entrent habituellement dans leur composition, possèdent l'avantage de puiser de l'azote d'une façon permanente, dans l'atmosphère.

Récoltes de légumineuses— Parmi ces récoltes il y en a qui consistent en grains, comme les fèves et les pois ; d'autres sont des plantes fourragères, telles que le trèfle rouge, le sainfoin et la luzerne. Une propriété remarquable de ces récoltes, est la grande quantité d'azote qu'elles contiennent ; elle est deux fois aussi grande que celle contenue dans une récolte de céréales du même poids. La quantité de potasse et de chaux d'une récolte de légumineuses est aussi très grande. La proportion relative de ces deux éléments varie beaucoup, suivant les sols ; sur un sol calcaire, la chaux prédominera dans la récolte ; sur un sol argileux, ce sera la potasse. La chaux se trouve surtout dans les feuilles. Il n'y a presque pas de silice dans les récoltes de légumineuses.

Les légumineuses absorbent beaucoup d'azote. Une bonne récolte de trèfle rouge convertie en foin emporte une très grande quantité de cet élément et, partant, elle rend le sol plus riche en azote qu'il ne l'était auparavant, par les tiges et les racines qu'elle laisse. D'où provient cette abondance d'azote ? Du sous-sol ou de l'atmosphère ; mais il est très difficile de préciser son origine, parce que les engrais azotés produisent, généralement, peu d'effet sur les récoltes de légumineuses. On a acquis la certitude aujourd'hui que les légumineuses ont les racines pourvues d'excroissances tuberculeuses capables d'absorber l'azote de l'atmosphère. Il a été question de ce fait au commencement de ce traité. Le principal agent de ces excroissances est un micro-organisme du sol. Un sol pauvre acquiert de la fertilité ou demeure stérile pour la culture des légumineuses, par suite de la présence ou de l'absence de cet organisme. Il faut toutefois remarquer que, en dehors des tubercules dont nous parlons, les légumineuses se nourrissent, comme les autres végétaux, au moyen du chevelu et que celles qui ont des racines pivotantes, comme le trèfle ou la luzerne, puisent beaucoup de nourriture dans le sous-sol.

Certaines légumineuses, à moins que la terre ne soit extraordinairement fertile, ne donnent qu'un très médiocre rendement quand on les cultive plusieurs fois de suite au même endroit ; elles languissent et dépérissent. On dit que la terre est fatiguée. Tels sont les trèfles et les fèves. Jusqu'ici, on n'a pas encore expliqué d'une manière satisfaisante cette impuissance ; on en attribue généralement la cause à des insectes

On ne connaît d'autre remède que de cultiver des végétaux d'espèces différentes pendant un certain nombre d'années.

Les engrais potassiques produisent en général un effet vraiment utile dans la culture des légumineuses ; ils ne sont toutefois pas un remède contre la maladie des trèfles. Le fumier d'étable, les phosphates, le gypse et la chaux conviennent également.

Récoltes de plantes racines et de tubercules.—Toutes ces récoltes contiennent une grande quantité d'éléments azotés et minéraux, la potasse domine dans ces derniers. Les navets renferment plus de soufre que toute autre récolte de la ferme.

Les navets proprement dit et les navets de Suède ou rutabagas puisent leur nourriture presque exclusivement dans le sol arable. Ils absorbent l'azote plus facilement et en plus grande quantité que les céréales. Les navets, dans une terre fertile, s'assimilent très bien la potasse, mais difficilement l'acide phosphorique que le sol renferme à l'état de combinaison. Il n'est guère possible d'avoir un bon rendement sur un sol épuisé sans avoir recours aux phosphates.

Les betteraves ont des racines plus profondes que les navets ; la durée de leur végétation est aussi plus longue. Elles possèdent à un haut degré le pouvoir de puiser dans le sol les éléments nutritifs, azote, potasse et chaux. Elles constituent vraisemblablement la récolte la plus épuisante de la ferme.

Comme les betteraves n'éprouvent pas la même difficulté que le navet à s'assimiler l'acide phosphorique du sol, il est moins nécessaire de leur fournir des

engrais phosphatés. Le nitrate de soude appliqué seul, leur est très efficace ; le navet, au contraire, réclame à la fois des engrais phosphatés et de l'azote.

En raison de l'énorme quantité d'éléments nutritifs absorbés par les navets et les betteraves, il est d'ordinaire indispensable de donner à ces plantes une forte fumure d'engrais de ferme, si l'on veut obtenir une bonne récolte. Toutefois, l'élément dominant nécessaire au navet est l'acide phosphorique, et celui spécial aux betteraves est l'azote.

Un apport abondant d'engrais azoté favorise le développement des feuilles, et la maturation des racines est ralentie.

En conséquence, sur une forte fumure, on semera de bonne heure ; et si l'on sème tardivement des navets ou des rutabagas, l'engrais à leur fournir devra contenir moins d'azote et une plus forte proportion de phosphate.

Quand la betterave est cultivée pour le sucre, il faut chercher à obtenir des racines de petit volume. Pour cela, on sème serré et l'on évite les fumures trop copieuses.

Les pommes de terre se nourrissent à la surface et exigent beaucoup d'engrais pour donner un bon rendement. De même que les plantes-racines, elles ont besoin d'une forte dose de potasse. Dans les sols qui en sont naturellement pauvres, un apport de kaïnite rendra service ; cette substance sera surtout utile dans le cas où, au lieu d'avoir engraisé le sol avec du fumier qui contient toujours beaucoup de potasse, on n'a employé que des engrais artificiels.

Sylviculture.—Le tableau qui précède (page 77) indique la composition de trois échantillons de bois, hêtre, sapin de Norwège et pin d'Ecosse. Les arbres avaient été abattus pour bois de charpente et l'analyse en a été soigneusement faite en Bavière (Allemagne).

D'après ce tableau, les végétaux forestiers consomment annuellement plus de matière sèche que les plantes cultivées, sauf les betteraves. Cependant cette grande production n'exige que fort peu de nourriture tirée du sol ; la quantité de potasse et d'acide phosphorique requise est beaucoup moindre que pour une récolte quelconque de la ferme. Les feuilles tombées fournissent la plus grosse part des principes minéraux et de l'azote nécessaires ; et, grâce à ces débris, la forêt n'a besoin que d'une dose très faible d'aliments, dose inférieure à celle exigée par une plante cultivée quelconque.

3000 lbs de pin de charpente parfaitement sec ne consomment que $2\frac{1}{2}$ lbs de potasse et 1 lb. d'acide phosphorique par an et par acre. Le hêtre en exige davantage.

La proportion d'azote dans le bois de charpente est insignifiante : ainsi, tout le bois d'une forêt de hêtres d'un acre de superficie en absorbe chaque année 10 lbs en moyenne.

Les feuilles et les graines en renferment des quantités beaucoup plus considérables.

Les arbres forestiers ne portent de graines qu'à l'âge de maturité ; elles se forment aux dépens des éléments antérieurement accumulés dans l'arbre. Quand on laisse sur le sol les feuilles et autres débris, il profite, dès les premières années de la végétation forestière, de

ces débris organiques qui s'amassent à sa surface et qui renferment de l'azote et des principes minéraux et il devient ainsi beaucoup plus riche.

Adaptation des engrais aux cultures.—

Afin de pouvoir faire un emploi économique des engrais, il faut avoir étudié les caractères spéciaux des plantes cultivées. Il ne suffit pas de savoir la composition d'un végétal pour bien choisir l'engrais qui lui convient le mieux, même si on connaît la nature du sol sur lequel on le cultive.

En dehors des matériaux nécessaires à la formation d'une plante, il faut aussi prendre en considération le pouvoir qu'elle possède de s'assimiler les divers éléments qui doivent la composer. Plusieurs agronomes ayant négligé de tenir compte de ces faits, ont *conseillé* aux fermiers, comme règle générale, de fournir au sol tous les éléments exigés par les plantes, chose impraticable et inutile. Cela peut être nécessaire avec une terre sablonneuse, absolument stérile, mais ces cas se rencontrent très rarement dans les circonstances ordinaires de l'agriculture.

Une terre, dans des conditions de fertilité convenables, est largement pourvue de matières nutritives et l'on peut obtenir de riches récoltes par la simple addition des aliments que le sol a peine à fournir. Ainsi, dans la plupart des cas, on peut avoir de beaux rendements de froment, d'orge ou d'avoine avec une application de nitrate de soude et de phosphates; souvent même, le nitrate de soude seul sera suffisant. Fréquemment, la terre fournit à ces céréales trop peu de nitrate et une dose de phosphate plus ou moins faible;

par contre elles y trouvent assez de potasse ainsi que les autres éléments nutritifs, qui leur sont nécessaires. Il suffit donc, pour obtenir une moisson abondante, d'apporter un ou deux des éléments essentiels. On peut aussi avoir, seulement avec du nitrate de soude, de très belles récoltes de betteraves fourragères ; des superphosphates sont parfois susceptibles, à eux seuls de donner de très beaux rendements de navets et les sels potassiques peuvent suffire pour les pâturages et les champs de trèfle.

Cet *engraisement spécial* n'épuise pas le sol quand on suit un assolement judicieux. Ainsi, quand on emploie du superphosphate pour les navets, des sels potassiques pour les herbages, et de l'engrais azoté pour les céréales, les éléments nutritifs les plus importants que contient le sol, n'auront pas diminué à la fin de la rotation. On aura en même temps obtenu le résultat le plus économique, parce que les engrais auront été repartis entre les diverses récoltes, de façon à produire les rendements les plus rémunérateurs.

Il est possible de cultiver avec bénéfice, en vendant tous les produits de l'exploitation, et sans emploi de fumier, si l'on adopte un système de rotation et l'engraisement spécial, d'après les principes qui viennent d'être établis : il faut pour cela, bien entendu, qu'on puisse se procurer les engrais artificiels à bon marché. Dans la plupart des cas, cependant, ces engrais spéciaux ne devront être employés qu'à titre de supplément au fumier d'étable. Si l'on procède ainsi, il sera préférable, au point de vue chimique, d'appliquer le fumier d'étable aux plantes qui réclament beaucoup de

potasse ou qui exigent une restitution complète, telles que l'herbe, les pelouses artificielles, les navets et les pommes de terre.

Le but des engrais artificiels étant d'apporter au sol ceux des éléments qui y font défaut, il est de l'intérêt du cultivateur de constater par des essais pratiques l'augmentation de rendement que lui procurera tel ou tel engrais du commerce. Des expériences judicieusement faites peuvent seules lui faire connaître les éléments à apporter suivant les besoins du sol et de chaque récolte. Ainsi devra-t-il épandre du superphosphate avec du nitrate de soude pour la culture du froment ? Quelle sera la dose de nitrate la plus avantageuse ? Le superphosphate seul suffit-il, ou bien faudra-t-il encore se servir de guano ou de nitrate ? Quelle sera la quantité minimum de superphosphate nécessaire pour produire un bon rendement. En employant des sels potassiques pour la culture des fourrages, des pâturages et des pommes de terre, obtiendra-t-on un rendement assez riche pour en compenser les frais ?

Ces questions et nombre d'autres ne peuvent être résolues qu'au moyen d'expériences faites sur les terres qu'on cultive. Et ce sont les résultats de ces expériences qui fixeront le fermier sur l'avantage qu'il peut avoir d'user des engrais commerciaux, dont on se sert trop souvent sans réflexion.

Influence du climat et de la saison. — Les conditions atmosphériques exercent sur les récoltes une influence beaucoup plus grande que l'engrais. Les végétaux contiennent beaucoup d'eau ; c'est par son intermédiaire qu'ils puisent dans le sol leur nourriture

et, chaque jour, les plantes abandonnent par évaporation une grande quantité d'eau. On comprend dès lors combien il est nécessaire que le sol possède une humidité suffisante. D'autre part, dans une terre trop humide, les racines ne peuvent se développer, et les nitrates et les autres éléments solubles sont entraînés par les eaux de drainage.

Les plantes à racines profondes résistent le mieux à la sécheresse ; telles sont le froment, le trèfle rouge, la luzerne, le sainfoin et les betteraves ; ce sont les plantes à racines superficielles, comme l'herbe ordinaire et certains navets qui en souffrent le plus.

Le carbone est l'élément principal de toute matière végétale. Les plantes absorbent le carbone de l'atmosphère, comme nous l'avons dit ailleurs, sous l'influence de la lumière ; et il faut pour le rendre assimilable ainsi que pour toutes les autres réactions chimiques qui ont lieu dans les plantes une certaine température. La lumière et la chaleur sont nécessaires à la vie végétation. La moisson est toujours tardive par les temps froids et sombres, la végétation se faisant plus lentement qu'en temps ordinaire. Quand, en certains étés, il fait très froid et que le ciel est presque toujours couvert, la saison toute entière n'est pas assez longue pour que les récoltes deviennent complètement mûres, et par suite, les graines n'atteignent pas tout leur développement. Il est donc avantageux de semer de bonne heure, afin de rendre aussi longue que possible la durée de la période végétative.

Le degré de maturité d'une récolte dépendant de la saison, les conditions atmosphériques ont néces-

sairement une grande influence sur la composition et la qualité du produit ; Ainsi, il faut une saison propice pour avoir une bonne récolte d'orge de brasserie, riche en amidon ; si la plante n'est pas arrivée à parfaite maturité, soit à cause d'un temps froid, humide, soit à cause d'une excessive sécheresse, il donnera toujours un grain pauvre en amidon et relativement riche en matières albuminoïdes. On trouvera plus loin des détails complémentaires sur l'effet que la saison produit sur les récoltes.

Les récoltes, pour leur parfaite maturation, demandent des climats plus ou moins différents ; il est donc très utile de connaître le climat que chaque plante exige, pour choisir les récoltes convenant le mieux à chaque région. Ainsi, le froment aime une atmosphère chaude et sèche, tandis que l'avoine préfère une atmosphère humide. Les betteraves croissent bien à la chaleur et résistent longtemps à la sécheresse ; les navets au contraire, préfèrent un air humide et froid. C'est ainsi que le climat de l'Ecosse convient très bien à l'avoine et aux navets, tandis que le froment et les betteraves réussissent mieux dans le Sud-Est de l'Angleterre.

Pendant une saison défavorable, les plantes croîtront mieux dans un sol riche en éléments nutritifs, parce que, ayant plus de vitalité, elles sont plus en état de tirer profit des intervalles de beau temps qui peuvent arriver. Les sols pauvres produisent plus, pendant une saison de croissance lente mais continue, parce que la période est plus longue pendant laquelle la plante peut utiliser la maigre nourriture à sa dispo-



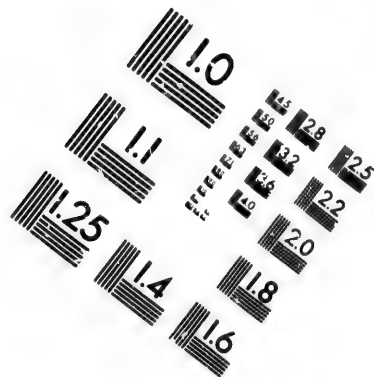
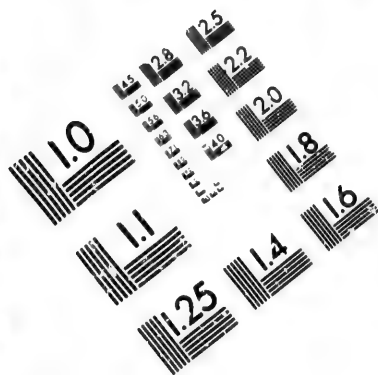
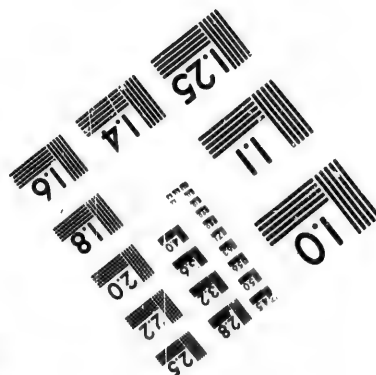
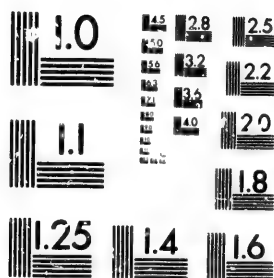


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14570
(716) 872-4503

1.5 28 25
32 22
20

10

sition. Une moisson hâtive pendant une saison chaude, ne peut être bonne qu'à la condition qu'elle ait été produite sur un sol bien engraisé.

La nature de l'automne et celle de l'hiver exercent une influence considérable sur les récoltes de la saison suivante. Pendant un automne ou un hiver humide, il se perdra, par drainage, quantité de nitrates ; par une humidité trop grande, le développement des racines est aussi arrêté. Le blé, après un tel hiver, végète dans un sol épuisé, et sa croissance est beaucoup retardée. Les sols se trouvant sous des climats très rigoureux sont préservés de toute perte de nitrates à cause des fortes gelées. Au printemps, la neige fond et les eaux qui se forment s'écoulent à la surface du sol, alors que les couches inférieures sont encore gelées ; la matière nutritive soluble du sol ne peut donc se perdre par drainage.

Résidus de récolte.—Les déchets que les récoltes abandonnent au sol après la moisson jouent un rôle important ; ils servent à renouveler l'humus (en dehors des applications d'engrais organiques) et de cette manière, restituent à la terre l'azote enlevé. La quantité de déchets n'est pas la même pour toutes les récoltes. Ainsi, une récolte de navets, de betteraves ou de pommes de terre ne laisse à peu près rien au sol ; après une récolte de plantes racines il reste au sol seulement les feuilles que le bétail ne mange pas. Les céréales, au contraire, abandonnent une quantité abondante de racines et de chaume, mais tout ce résidu est très pauvre en azote. Le résidu des récoltes à racines profondes qui ont occupé longtemps le sol, telles que le sainfoin, le

trèfle rouge et principalement la luzerne, est très considérable ; il comprend plusieurs tonnes de matières sèches, et contient 100—200 lbs. ou plus d'azote par acre. Les résidus d'une prairie permanente donnent parfois des résultats étonnants ; ainsi, le sol peut contenir deux fois autant d'azote et deux fois autant de carbone qu'une terre arable ordinaire. Dans une forêt d'essences résineuses, les résidus accumulés de feuilles mortes, etc. sont aussi très grands. C'est au moyen de ces essences qu'on transforme en terres fertiles, des roches incultes. Il est à observer que plus une récolte est luxuriante, plus il y aura de déchets. Donc, une série de riches récoltes augmentera le dépôt d'humus du sol, tandis qu'une série de récoltes médiocres ou pauvres, appauvrira le sol. A Rothamsted, on maintient dans le sol la proportion normale d'azote et de carbone dans les terres donnant de bonnes récoltes tout en n'employant que des engrais purement inorganiques ; mais sur celles où il n'a été fait usage d'aucun engrais ou seulement d'un engrais insuffisant, la terre s'est appauvrie.

Mauvaises herbes. — Les mauvaises herbes sont une végétation naturelle dont les effets sont, parfois utiles, parfois nuisibles. Il vaut mieux, en l'absence de toutes plantes cultivées, que le sol porte une végétation quelconque. Si, après la moisson, les mauvaises herbes se développent rapidement, la perte de l'azote par drainage sera beaucoup moindre ; de plus, ces herbes peuvent servir, coupées en vert. Enfouies alors, elles enrichissent le sol de toute la matière nutritive qu'elles ont emmagasinée et deviennent un excellent engrais. D'un autre côté, il est évi-

dent que les plantes cultivées ne pourront que très difficilement trouver la nourriture nécessaire à leur croissance si elles ont à lutter avec des mauvaises herbes plus développées qu'elles ne le sont elle-mêmes. Le meilleur procédé, croyons-nous, est de détruire les mauvaises herbes et d'obtenir cependant les résultats avantageux qu'elles pouvaient donner en cultivant des engrais verts semés aussitôt après la moisson.

CHAPITRE V.

ASSOLEMENT.

But de la rotation.—*Jachère nue*.— Ses effets sur le sol.— Production de nitrates. *Récolte verte*.— Effets du broutage, ou de l'entassement.— Enrichissement du sol en azote, en le convertissant en prairie ou en y cultivant des légumineuses.— Avantages des engrais verts.— *Caractères distinctifs des plantes cultivées*.— Différences dans les périodes de croissance, le développement des racines, le pouvoir d'assimilation et la quantité d'éléments nutritifs nécessaires. *Pertes que subit le sol pendant une rotation*.— Pertes pendant une rotation de quatre ans et moyens de restitution— Pertes de nitrates— Gain en azote provenant de l'atmosphère— Economie d'azote. Récoltes dérobées— Vente de produits autres que le grain et la viande— Pondération des sols.

Il n'est point impossible de cultiver, avec succès pendant plusieurs années consécutives, une même plante, sur un même sol ; les prairies ordinaires en sont un exemple. Il résulte d'expériences faites à Rothamsted qu'on peut avoir, sans interruption, d'excellentes récoltes de froment, d'orge et de betteraves à condition de tenir la terre dans un état de propreté convenable et de donner aux plantes les engrais appropriés. On a recours à la rotation, parce que, dans la pratique, ce système facilite le nettoyage du sol et est moins dispendieux dans l'emploi des engrais. La rotation a pour but principal de rendre la terre propre à la culture des céréales, à certaines années d'intervalle, en accumulant dans la couche supérieure, la quantité de matières azotées nécessaire.

Jachère nue.—La préparation du sol à la culture du blé par la méthode des jachères nues, remonte à des temps très reculés. On laboure le sol et on l'expose pendant toute une année, aux influences atmosphériques pour l'ensemencer ensuite avec du froment. Appliqué à une terre argileuse, ce système aura pour effets:—1. Un ameublissement plus complet du sol. 2. La désagrégation de silicates minéraux et, partant, la mise en liberté d'une certaine quantité de potasse et autres éléments minéraux rendus assimilables pour la végétation. 3. L'absorption par le sol de l'ammoniaque de l'atmosphère. 4. L'oxydation de l'ammoniaque et des résidus végétaux et animaux du sol et, par suite, la formation d'acides carbonique et nitrique.

Cette production d'acide nitrique est peut-être le plus important résultat de la jachère nue. On a trouvé, à Rothamsted, à la fin de l'été, dans des terres ordinaires laissées en jachère nue, 34—55 lbs d'azote, par acre sous forme d'acide nitrique (ce qui équivaut à 218—352 lbs de nitrate de soude). Cet acide était emmagasiné dans la couche supérieure, jusqu'à une profondeur de 20 pouces. La quantité d'acide dépend de la richesse du sol en matières azotées et de la nature de la saison. On a constaté, à Rothamsted, que la quantité totale de nitrates accumulés dans des terres arables ordinaires, et en jachère nue pendant 15 mois, s'élevait au moins à 80 lbs. d'azote par acre.

Si, dans le cours de l'année de jachère, le temps a été beau et s'il a fait sec pendant l'automne et l'hiver suivant, il peut s'accumuler dans le sol assez de matières azotées assimilables, pour donner des récoltes

doubles de celles qu'aurait produites la terre sans la jachère. Cependant, s'il se produit des périodes de fortes pluies, les nitrates sont entraînés en plus ou moins grande quantité par les eaux, et les avantages que donne la jachère, sont considérablement diminués.

On a fait des expériences à Rothamsted, sur une couche de terre épaisse de cinq pieds. On l'a laissée inculte pendant 24 ans, sans y apporter aucun engrais, mais dans un état de stricte propreté. Pendant les 17 dernières années, cette terre avait perdu, par acre et par an, par suite des pluies, de 22 à 47 lbs d'azote sous forme de nitrates. La jachère nue n'est avantageuse que pour des sols argileux, situés sous un climat suffisamment sec ; dans toutes autres circonstances, les pertes d'azote qu'elle amène sont trop grandes.

Récoltes en vert.—La culture des plantes pour être utilisées vertes est le meilleur moyen de préparer le sol à la culture des céréales. Ou bien ces plantes sont enfouies par un labour ; elles constituent alors un *engrais vert*. Ou bien on les fait pâturer sur place par le bétail. Ou bien enfin, elles sont fauchées pour être consommées à l'étable, et, dans ce cas, le fumier qu'elles fournissent retourne à la terre.

Le but que l'on se propose dans les trois méthodes est de rendre au sol tous les éléments de la récolte ; la consommation sur champ par la pâture, et la transformation en engrais à l'étable sont les deux procédés les moins parfaits à cause des pertes qui se produisent dans le fumier.

Prenons, comme exemple, une prairie ou un champ

de trèfle qu'on laboure et qu'on sème de céréales après l'espace de trois ans. Le sol étant constamment couvert de végétation, il n'y aura qu'une perte minimum d'acide nitrique. Si l'herbe est broutée, le sol superficiel, au bout de trois ans, sera devenu très riche en éléments minéraux et en azote, les premiers ayant été absorbés dans le sous-sol, par les racines des plantes et étant ensuite rendus au sol par les déjections animales. Le dernier élément (l'azote) comprend tout ce qu'ont fourni l'atmosphère et le sous-sol pendant trois ans, sauf ce qui a été emporté par les eaux de drainage ou assimilé par le bétail. L'azote accumulé se retrouve principalement dans les racines de l'herbe, les tiges et l'humus. Quand on laboure un tel sol, la matière végétale et l'humus s'oxydent et émettent leur azote sous forme d'acide nitrique.

Les avantages de ce mode de culture sont de beaucoup supérieurs à ceux de la jachère nue :—1o la terre est utilement exploitée puisqu'elle produit de la nourriture pour les animaux. 2o Les éléments minéraux et les nitrates emmagasinés dans le sous-sol sont ramenés à la surface. 3o Les plantes absorbent de l'azote aussi bien dans l'atmosphère que dans le sol ; ceci a surtout lieu avec des légumineuses. 4o L'azote est conservé à l'état insoluble, sous forme de substance végétale ; et au lieu d'être entraîné par les eaux, il s'accumule dans la couche arable, en quantité beaucoup plus grande qu'avec la jachère nue. 5o Enfin, il se forme une forte proportion d'humus dont nous avons déjà expliqué l'action bienfaisante.

Les terres arables à Rothamsted, converties en

prairies permanentes, peuvent être citées comme un exemple de l'emmagasiner de l'azote dans le sol proprement dit. L'azote s'y est accumulé pendant 33 ans à raison de 52 lbs par acre et par an. Ces terres avaient été régulièrement fumées avec du fumier d'étable et des engrais commerciaux. Eu égard à la quantité de foin, récolté, on ne pourrait sérieusement prétendre que cet énorme apport d'azote a été produit par les engrais; il faut nécessairement admettre qu'il est dérivé de l'atmosphère.

Les légumineuses possèdent, comme nous l'avons déjà dit, le pouvoir spécial d'absorber l'azote de l'atmosphère par les tubercules de leurs racines; elles jouent à cause de cela un rôle très important dans la rotation. Si une récolte de trèfle est bonne, l'apport d'azote dans la couche arable par les racines et les débris de tiges et de feuilles est considérable. La proportion en est si grande que la totalité du trèfle ayant été enlevée en fourrage, le sol reste encore grandement enrichi de principes azotés et dans d'excellentes conditions pour produire une récolte de blé.

La culture des légumineuses est le meilleur moyen à la disposition du fermier, pour enrichir sa terre d'azote.

Il y a parfois avantage à enfouir les plantes vertes plutôt que de les faire consommer sur champ par le bétail: si on l'enfouit, la totalité de la récolte retourne au sol, tandis que par la pâture, une petite portion d'azote et d'éléments minéraux est emportée par les animaux.

Toutefois, le principal avantage des engrais verts consiste dans la grande quantité d'humus qu'ils apportent au sol ; tout le carbone absorbé dans l'atmosphère par les plantes est également incorporé dans le sol au lieu d'être consommé par le bétail. Les terres auxquelles les engrais verts conviennent le mieux, sont les terres sablonneuses, qui ont besoin d'humus pour augmenter leur pouvoir rétentif. Cette méthode est beaucoup usitée dans les pays chauds pour fertiliser les terrains stériles.

Maintenant que nous avons indiqué les avantages généraux qui résultent de l'alternance des cultures vertes avec les céréales, examinons les conditions à remplir par les différentes récoltes, pour la place à leur faire occuper dans la rotation.

Caractères distinctifs des plantes cultivées. — Les plantes cultivées présentent pendant les différentes périodes de leur végétation, certains caractères distinctifs dont il faut tenir compte sous le rapport de la quantité d'azote dont le sol doit être pourvu. Ainsi, les conditions dans lesquelles se trouvent les céréales pour assimiler l'azote du sol sont très défavorables, parce que l'époque de végétation active commence au printemps et finit à la floraison. La majeure partie des nitrates du sol ont été emportés fréquemment par les pluies de l'automne et de l'hiver de sorte que, quand les céréales reprennent leur végétation, elles ne trouvent pas, dans la terre, une quantité suffisante de nitrates ; d'un autre côté, la croissance des céréales est trop avancée durant l'été, quand la nitrification a recommencé à se faire

dans le sol ; elles ne sont donc plus capables d'assimiler les nouvelles formations de nitrate.

Donc, un terrain qui porte successivement plusieurs récoltes de céréales, devient très pauvre en azote, à cause des pertes occasionnées par le drainage des pluies en automne et en hiver, et par suite des besoins de chaque récolte. Il faudra donc avoir recours aux engrais azotés pour maintenir la fertilité des sols ayant porté des céréales. Le maïs, grâce à sa végétation plus tardive est mieux à même de trouver dans le sol l'azote qui lui est nécessaire. ⁽¹⁾

Les plantes racines se trouvent dans des conditions toutes autres que les céréales. Semées au commencement de l'été, elles peuvent disposer de tout l'azote assimilable que les céréales n'ont pu utiliser, ainsi que de la grande quantité de nitrates formés pendant la belle saison et au commencement de l'automne. Donc, les plantes-racines assimilent une grande partie des nitrates qui se perdent par drainage pendant une culture de céréales et demandent, par conséquent, moins d'engrais azoté que ces dernières. Si les racines sont consommées sur place, les nitrates absorbés par les récoltes seront rendus au sol sous forme d'engrais animal et la terre se trouvera ainsi toute préparée pour une culture de céréales. Il en est de même pour nombre d'autres plantes vertes dont la végétation active se prolonge jusqu'en automne.

(1) Ceci se rapporte aux semences d'automne. Il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte en Canada où les semences ont lieu au printemps.

Le mode de développement des racines a aussi une grande influence pour les diverses cultures. Les plantes à racines profondes comme la luzerne, le sainfoin, le trèfle rouge, la navette et, parmi les céréales, le blé et le seigle, puisent leurs aliments surtout dans le sous-sol. Elles s'approprient aussi les éléments minéraux plus facilement que les plantes à racines superficielles, telles que le trèfle blanc, les pommes de terre, les navets et l'orge. Il résulte de ces faits que le superphosphate constitue un engrais très puissant pour les trois dernières cultures et qu'il n'est pas tout à fait indispensable aux betteraves et au froment. L'introduction dans la rotation de plantes à racines profondes a donc pour effet de faire contribuer le sous-sol à la fertilité générale. D'un autre côté, les plantes à racines superficielles possèdent, en général, le pouvoir spécial de s'assimiler la nourriture accumulée à la surface du sol. Sous ce rapport, elles sont d'une grande utilité, surtout dans le cas où l'on fait suivre d'une culture d'orge, une culture de navets consommés sur place.

Le pouvoir que possèdent les végétaux d'absorber les diverses formes de nourriture, n'est pas encore suffisamment connu. Cependant, il est reconnu que ce pouvoir est très différent dans les diverses plantes cultivées et c'est sur ce pouvoir que reposent les raisons économiques de la rotation. La distinction la plus marquée, quant au mode de nutrition, devient évidente dans la manière dont se comportent les plantes vis-à-vis de la silice. Les graminées, céréales et herbes, ont la propriété d'assimiler certains silicates, tandis que d'autres plantes en sont dépourvues. Il résulte de

là, que l'alternance des céréales avec une récolte se comportant autrement peut être profitable aux deux cultures, chacune d'elles subsistant, dans une certaine mesure, d'éléments nutritifs différents. D'autre part, il est reconnu que les légumineuses peuvent assimiler beaucoup plus d'azote que les céréales ; elles puisent cet azote probablement à une autre source. Si l'on cultive des fèves et du froment d'hiver sur un même sol non fumé, les premières contiendront à peu près deux fois autant d'azote que le blé. Les fèves n'ont cependant pas appauvri le sol pour une culture de froment ; car si l'on sème du froment sur une terre qui a porté des fèves, la récolte est beaucoup plus abondante qu'elle ne l'est dans le cas où l'on fait succéder une récolte de froment à une autre de froment. Ces exemples témoignent hautement en faveur du système de rotation.

Le tableau que nous donnons plus loin établit les quantités de nourriture exigées par les plantes et démontre la nécessité des rotations. On verra par ce tableau, par exemple, que les céréales n'exigent que peu de potasse et peu de chaux, tandis que les plantes racines, les fèves et les trèfles, en demandent des quantités considérablement plus grandes. Donc, en cultivant alternativement ces deux classes de plantes, la potasse et la chaux n'étant assimilées en grande quantité que tous les deux ans, les ressources du sol sont moins épuisées.

Un système de rotation judicieusement appliqué donne un résultat maximum de produits avec une quantité minimum d'engrais. Il faut, pour arriver à ce

résultat, tenir rigoureusement compte des propriétés de chaque plante.

Pertes que le sol subit pendant la rotation.—La perte subie par la vente des produits récoltés est indiquée dans la table qui donne la composition des récoltes ordinaires. Examinons maintenant brièvement quelles sont les pertes que subit le sol pendant une rotation.

Afin de conserver les éléments nutritifs à la ferme, on limite généralement aux grains et à la viande les ventes ou exportations, les autres produits étant consommés sur la ferme et l'engrais étant restitué au sol. Supposons une ferme où l'on pratique un système d'assolement quaternaire et qui produit par acre les récoltes moyennes suivantes : navets de Suède 14 tonnes ; orge 40 boisseaux ; fourrages (moitié trèfle et moitié herbe) 3 tonnes de foin ; et froment, 30 boisseaux ; supposons encore qu'on restitue au sol, sous forme de semences, deux boisseaux de froment et autant d'orge. Dans le cas où la totalité de cette récolte serait exportée, la perte moyenne annuelle, par acre serait de 73 lbs d'azote, de 22 lbs d'acide phosphorique et de 61 lbs de potasse. Au contraire, si l'on importe, pour être donnés aux animaux, 700 lbs de tourteaux de lin, au-delà du produit de chaque acre de navets de Suède et que l'on achète annuellement pour les chevaux 100 lbs d'avoine par acre ; et que, d'un autre côté, on ne vende que le grain et la viande ; si, d'autre part, on donne en fourrage une demi-tonne de paille par acre pendant la durée de la rotation, le restant de la paille étant utilisé comme litière ; si enfin, tout le fumier retourne au sol sans

perte, on peut établir comme suit, les pertes subies par le sol en azote, en acide phosphorique, et en potasse pendant une rotation de quatre ans.

ETAT ESTIMATIF DES PERTES SUBIES PAR ACRE, PENDANT UNE ROTATION QUATERNAIRE, PAR LA VENTE DU GRAIN ET DE LA VIANDE

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
	lbs.	lbs.	lbs.
En fourrageant des navets..	6.8	4.93	0.51
En vendant 38 boisseaux d'orge.....	32.3	14.35	9.60
En fourrageant 3 tonnes de foin.....	10.9	6.51	0.82
En vendant 28 boisseaux de froment.....	30.8	13.35	9.05
En fourrageant une 1/2 tonne de paille.....	1.2	0.72	0.09
	82.0	38.96	20.07
Déduction de l'engrais provenant de 440 lbs. d'avoine et 700 lbs. de tourteaux de lin.....	36.5	12.74	10.70
Perte totale en quatre ans..	45.5	26.22	9.37
Perte moyenne par an.....	11.4	6.56	2.34

La perte en potasse est insignifiante, et il n'y a pas lieu d'en tenir compte. Cependant, si la terre est pauvre en potasse et qu'on ne donne pas de tourteaux au bétail

Dans ce tableau, on a supposé que les récoltes ont été consommées par des moutons et du bétail de tous âges et non pas seulement par des animaux à l'engrais.

on pourra compenser la perte en employant, pour les fourrages $1\frac{1}{2}$ cwt. de kaïnite. Si l'urine n'est point recueillie à l'étable et si le fumier a été exposé à la pluie, les pertes de potasse seront plus grandes que ne l'indiquent les chiffres du tableau.

On peut aisément compenser la perte en acide phosphorique, même sans avoir recours aux tourteaux, en faisant l'acquisition de 2 cwt. de superphosphate pour les navets de Suède.

La perte en azote est, comme on voit, beaucoup plus considérable que celle en acide phosphorique ou en potasse. Et les chiffres indiqués sont encore au-dessous de la réalité; car il n'a été tenu compte ni de l'azote perdu par le fumier, ni des nitrates enlevés au sol par les eaux de drainage.

Si nous admettons (et cette supposition n'a rien d'exagéré) que le fumier perd, soit à l'étable, soit sur le tas, la moitié de l'azote contenu dans les déjections, la perte annuelle d'azote s'élèvera à 42 lbs par acre.

D'autre part, la perte moyenne d'azote, par suite de l'entraînement des nitrates du sol n'est pas moindre, en Angleterre que 7 lbs. par acre. Cette moyenne est même grandement dépassée quand l'année est pluvieuse.

En parallèle, des pertes d'azote, nous devons mentionner la proportion de cette substance apportée au sol par les eaux de pluie, environ 4 lbs. par acre, plus une quantité bien supérieure puisée sous forme d'ammoniaque dans l'atmosphère, par le sol et les plantes. L'apport par les plantes est surtout considérable dans

la culture des légumineuses. Et si cette culture réussit, la récolte étant consommée sur la ferme, il n'y a guère à redouter l'appauvrissement en éléments azotés, avec la rotation que nous avons supposée.

Dans la rotation quaternaire, sur des terres fortes de Rothamsted, la quantité d'azote annuellement enlevée par les récoltes, pour une moyenne de quarante ans, a surpassé de 32 lbs. à l'acre la quantité apportée par l'engrais. Si, dans cette rotation expérimentale, nous admettons que les récoltes aient été identiques chaque année, il faudra conclure que ces 32 lbs. d'azote manquantes, plus la quantité entraînée par les eaux de drainage sous forme de nitrate, ont été fournies chaque année par l'atmosphère et apportées, soit par la pluie, soit bien plutôt par l'absorption directe faite dans l'air par le sol et les plantes.

La diminution ou l'augmentation de l'élément azoté dans le sol, dépend en grande partie du fermier. Il peut, s'il le veut, maintenir la terre bien pourvue, sans avoir à acheter d'engrais azotés. Pour atteindre ce but il doit porter son attention sur trois points :

1e Diminuer autant qu'il est en son pouvoir, les pertes du fumier.

2e Atténuer l'entraînement par les eaux, pendant l'automne et l'hiver.

3e Mettre à profit la propriété que possèdent les légumineuses d'absorber l'azote de l'air.

Nous avons indiqué plus haut les soins à donner au fumier. Nous allons dire quelques mots touchant les deux autres points à observer.

Les pertes occasionnées par les pluies d'automne et d'hiver peuvent être prévenues en grande partie au moyen d'une culture intelligente. Avec la jachère, on aura avantage de semer de la moutarde de bonne heure en août et de l'enfouir en octobre avant l'ensemencement du froment. L'azote des nitrates est ainsi transformé en matière végétale et ne redoute plus l'entraînement par le drainage.

Une rotation convenable suffit parfois pour la conservation des nitrates ; ainsi, si l'on sème du trèfle avec de l'orge, cette orge restant en terre après la moisson de la céréale prévient l'enlèvement de ces principes azotés. Mais si, après du froment, on cultive de l'orge ou des navets, le sol cessera d'être protégé après la moisson du blé, et, avec un automne ou un hiver pluvieux, il y aura une grosse déperdition de nitrates.

Il est possible d'éviter cette déperdition en utilisant intelligemment les cultures en vert. Ainsi, il suffira de semer sur le chaume du froment de la moutarde ou des navets, de la navette, du seigle, du trèfle, des vesces, des pois, etc..., et, suivant le cas, on enfouira la récolte à l'automne ou au printemps. Le but cherché ne sera point manqué, même si alors la végétation est peu avancée, car la plante est d'autant plus riche en azote qu'elle est plus jeune ; et ce but sera largement atteint si c'est une légumineuse que l'on a cultivée en vert.

Il existe aujourd'hui en Allemagne des cultivateurs qui n'apportent au sol aucun engrais azoté pendant leur rotation : Quand une céréale est sortie de terre

ils sèment sur elle une légumineuse ; celle-ci demeure après la moisson et ils l'enfouissent par un labour profond à l'automne ou au printemps. Ces praticiens recommandent principalement pour ce mode de culture le lupin blanc, ou un mélange de trèfle alsike et de Bokhara, ou bien encore divers trèfles mélangés, rouge, alsike. Toutefois, la meilleure combinaison à adopter dépend de la nature du sol et du climat et elle doit être déterminée pour chaque région par des expériences comparatives.

Lorsqu'on veut retirer le plus de profit possible des sources naturelles de fertilité, on transforme le sol en prairie temporaire ou bien on fait suivre une plante verte par une autre, par exemple le trèfle incarnat (*trifolium incarnatum*) par des navets ; ou bien encore on cultive une légumineuse vivace pendant plusieurs années de suite. On diminue ainsi les pertes subies par l'exportation des grains, et la terre reste pendant plusieurs années dans des conditions favorables à l'accumulation de l'azote dans le sol.

Nous avons supposé que, pendant la rotation, il n'a été exporté que la viande et le grain ; souvent il sera plus économique de vendre un plus grand nombre de produits et de les remplacer par des engrais commerciaux. Pour des terres fortes, la vente de la paille n'occasionnera pas une perte appréciable, tandis que, dans un sol léger, la perte en potasse et la diminution de la quantité d'engrais seront plus ou moins sensibles. La vente du foin ou des plantes-racines est beaucoup plus préjudiciable à la fertilité des terres et, sauf pour

les sols excessivement fertiles, il faudra faire des achats considérables de fumure ou bien, augmenter la nourriture du bétail, si l'on veut maintenir la fertilité.

Pondération dans les sols.—Dans les terres converties en prairies, la quantité d'azote croît pendant un certain temps, après lequel on ne constate plus d'augmentation. Il en est de même pour une terre arable qu'on fume fortement chaque année. D'un autre côté, si l'on fait porter à une terre arable en bonne condition, sans l'engraisser, des récoltes successives de blé, la valeur de ces dernières ira d'abord en diminuant ; mais, après quelques années, toute diminution dans la récolte cessera et le maigre rendement obtenu demeurera constant. Dans chaque cas, il y a pondération entre l'apport annuel de la matière organique et la quantité qui s'oxyde chaque année. En augmentant l'apport annuel de la matière organique, on augmente la quantité d'azote du sol ; et le nombre d'agents d'oxydation, dans ce cas, (les insectes, les champignons et les bactéries) va aussi en augmentant.

Si, au contraire, le sol s'appauvrit, les agents d'oxydation meurent et diminuent en nombre, graduellement, jusqu'à ce que de nouveaux apports de matière organique soient retournés au sol.

CHAPITRE VI

NUTRITION ANIMALE.

Composition du corps de l'animal.—Eau, albuminoides, matières gélatineuses, matière cornée, graisse et éléments minéraux—Etat du corps de l'animal pendant les différentes périodes de la croissance et de l'engraissement—Composition de la laine et du lait—Pertes pour la ferme occasionnées par la vente du lait, du fromage et du beurre—Proportion du poids net dans les divers animaux.—Composition de l'augmentation en poids pendant l'engraissement.—*Marche de la nutrition.*—Éléments dont se compose la nourriture, leurs fonctions spéciales dans le corps et leurs valeurs relatives.—Digestion—Respiration—Excrétions.

Afin de bien comprendre la nutrition, il faut d'abord étudier la composition du corps de l'animal et savoir se rendre compte des phénomènes qui se produisent pendant la croissance et l'engraissement.

Composition du corps de l'animal.—Le corps de l'animal est composé des mêmes éléments essentiels que la plante, plus le sodium et le chlore. Il est question de ces éléments au commencement de ce traité. Le sodium et le chlore qu'on trouve ordinairement dans les parties succulentes de la plante, ne sont pas essentiels à la vie végétale : Ils sont indispensables au contraire à l'existence des animaux. On rencontre aussi toujours dans le corps de l'animal, du fluor et du silicium, mais ces deux éléments ne sont pas indispensables à la vie animale et au développement des tissus et de la charpente. La première de ces substances se trouve en

petite quantité dans les os et les dents, et on rencontre la seconde dans les poils, la laine et les plumes.

L'élément *combustible* du corps animal se compose principalement de matières azotées et de graisses.

On classe comme suit, les matières azotées qui entrent dans la constitution du corps de l'animal—(1) albuminoïdes ; (2) matières gélatineuses ; (3) matières cornées. La composition de ces trois groupes est presque identique, mais les propriétés en sont très différentes. Les albuminoïdes forment la substance des muscles et des nerfs et la plus grande partie de la matière sèche du sang ; ils sont d'une importance capitale dans l'économie animale. Les matières gélatineuses constituent la peau, les tendons, le tissu conjonctif et la portion combustible des cartilages et des os. La matière cornée que les chimistes désignent sous le nom de kérotine, forme la corne, les poils, la laine et les plumes. Ces corps azotés contiennent presque la même proportion d'azote, 15—18 pour cent.

Les liquides du corps animal contiennent encore à côté des substances azotées qui forment les tissus, une grande variété de matières renfermant aussi de l'azote telles que, la sarcine, la créatine, etc.

Les graisses animales consistent principalement en stéarine, en palmitine et en oléine. La stéarine domine dans les graisses solides et l'oléine dans les graisses fluides.

Les os contiennent la plus grande partie des éléments incombustibles : ainsi, chez les animaux gras, ils en renferment 75 à 85 par cent. Les cendres d'os sont

principalement composées de calcium et d'une légère quantité de carbonate de calcium et de phosphate de magnésium. Le phosphate de potassium est l'élément minéral dominant des muscles. Les sels potassiques abondent dans le suint de la laine non lavée et dans la sueur animale et les sels de sodium se trouvent en quantité considérable dans le sang.

On a déterminé, à Rothamsted, pour un grand nombre d'animaux, les proportions d'eau, de matières azotées, de graisse et d'éléments minéraux qui se trouvent dans le corps animal. Le tableau suivant indique la composition centésimale de huit animaux, déduction faite du contenu de l'estomac et des intestins. Le porc gras avait été élevé pour être consommé en viande fraîche et non en lard fumé.

COMPOSITION CENTÉSIMALE DU CORPS ENTIER DES ANIMAUX

	Veau gras.	Bœuf demi- gras.	Bœuf gras.	Agn. gras.	Mou- ton de garde.	Mou- ton gras.	Mou- ton très gras.	Porc de garde.	Porc gras.
Eau.....	65.1	56.0	48.4	52.2	61.0	46.1	87.1	58.1	43.0
Matières azotées	15.7	18.1	15.4	13.5	16.8	13.0	11.5	14.5	11.4
Graisse.....	15.3	20.8	32.0	31.1	19.9	37.9	48.3	24.6	43.9
Cendres.....	3.9	5.1	4.2	3.2	3.3	3.0	3.1	2.8	1.7

L'eau constitue, dans presque tous les cas, l'élément le plus abondant. La proportion en est très élevée chez les animaux jeunes ; elle diminue à mesure qu'ils grandissent et engraisseront. Au contraire, la proportion de matières azotées et de cendres va en augmentant jusqu'à l'âge adulte ; elle devient moindre pendant la période de l'engraissement. Dans la plupart des cas,

la graisse forme, chez les animaux bien nourris, le principal élément solide ; la proportion s'en accroît beaucoup avec l'engraissement.

C'est chez le bœuf que l'on trouve relativement le plus de matières azotées et de cendres et c'est le porc qui proportionnellement en renferme le moins. La différence qui existe dans la proportion des cendres résulte de la grande disproportion de la masse osseuse chez ces espèces d'animaux.

La plus grande quantité de graisse se rencontre chez le porc ; la plus faible chez le bœuf.

L'on peut voir par le tableau suivant, dressé à Rothamsted, quelles sont les quantités d'azote et d'éléments minéraux contenues dans le poids vif d'animaux gras tués à jeûn. On a supposé, afin de rendre la comparaison plus facile, que le poids de chaque animal était de 1000 lbs. Ce tableau indique aussi la quantité d'azote et d'éléments minéraux renfermés dans la laine, le lait et les œufs. Avec ces données, il est facile de se rendre compte de la perte que subit la ferme par la vente des produits animaux. Les chiffres se rapportant à la composition de la laine, ont été empruntés à des analyses faites à l'étranger.

On voit, d'après ce tableau, que le bœuf contient proportionnellement à son poids, des quantités plus grandes d'azote, d'acide phosphorique et de chaux que le mouton ou le porc. De tous les animaux élevés à la ferme, le porc est celui qui renferme le moins d'éléments minéraux.

ELEMENTS MINERAUX ET AZOTES CONTENUS DANS 1000 LBS
D'ANIMAUX ET DES PRODUITS DE CES DERNIERS (1)

	Azote.	Acide phospho- rique.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.
	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.
Veau gras.....	24.64	15.35	2.06	16.46	0.79
Bœuf demi-gras.....	27.45	18.39	2.05	21.11	0.85
Bœuf gras.....	23.26	15.51	1.76	17.92	0.61
Agneau gras.....	19.71	11.26	1.66	12.81	0.52
Mouton de garde.....	23.77	11.88	1.74	13.21	0.66
Mouton gras.....	19.76	10.40	1.43	11.84	0.48
Porc de garde.....	22.08	10.66	1.96	10.79	0.53
Porc gras.....	17.65	6.54	1.38	6.36	0.32
Laine non lavée.....	54.00	0.70	56.20	1.80	0.40
Laine lavée.....	94.40	1.80	1.90	2.40	0.60
Lait.....	9.92	2.00	1.70	1.70	0.20
Œufs de poule.....	20.00	4.22	1.75	60.82	1.09

On trouve beaucoup de potasse dans la laine non lavée ; une toison en contient parfois plus que tout le corps d'un mouton tondue.

Supposons une vache qui donne 600 gallons de lait par an. Si l'on vend ce lait, la perte pour la ferme sera environ de 36 lbs d'azote, 12 lbs d'acide phosphorique et 10 lbs de potasse. Si l'on utilise le lait à la fabrication du fromage, la perte annuelle s'élèvera à peu près à 28 lbs d'azote, 7 lbs d'acide phosphorique et 1 lb. de potasse. Si l'on ne fabrique que du beurre avec ce lait, les pertes en azote et en éléments minéraux seront insignifiantes.

La viande de boucherie ou le *rendement net* en viande est de 60 pour cent chez le bœuf, de 53 pour cent chez le mouton et de 83 pour cent chez le porc. La proportion du rendement net augmente considérablement pendant la période d'engraissement. Ainsi, il a été constaté à Rothamsted, que la partie propre à la con-

(1) Dans ce tableau la composition des animaux a été calculée d'après le poids vif de ces derniers tués à jeun, y compris le contenu de l'estomac et des intestins.

sommatation était environ 53·4 pour cent du poids vif chez les moutons de garde, 58·6 chez les moutons gras et 64·1 chez les moutons très gras.

Chez un animal à l'engrais, la plus grande partie de ce qu'il gagne en poids est propre à la consommation. On a constaté à Rothamsted, qu'un mouton de garde de 102 lbs soumis à l'engraissement, en pesait 155 après quelque temps et que 68 pour cent de l'augmentation consistait en rendement net. Un mouton gras qui passait à l'état très gras, avec une augmentation de poids de 144 lbs à 202 lbs, donnait un rendement net de 77 pour cent de l'augmentation. Chez un porc dont le poids de 103 lbs s'était élevé à 191 lbs, la partie utile de l'augmentation du poids était de 91 pour cent.

La proportion des éléments constitutifs, pendant la période d'engraissement, subit des variations d'après différentes circonstances. Ainsi, chez un jeune animal, l'augmentation en poids pendant l'engraissement contiendra plus d'eau, plus de matières azotées et plus de cendres que chez une bête adulte.

La composition centésimale de l'augmentation en poids chez le mouton, le porc et le bœuf, passant de l'état " d'entretien " à l'état " gras ", est à peu près comme suit :

COMPOSITION CENTÉSIMALE DE L'AUGMENTATION EN POIDS PENDANT LA PÉRIODE D'ENGRAISSEMENT

	Eau.	Substances azotées	Graisse.	Cendres.
Moutons.....	22·0	7·2	68·8	2·0
Bœufs.....	24·6	7·7	66·2	1·5
Porcs.....	28·6	7·8	63·1	0·5

On voit, d'après ce tableau, que, pendant la période d'engraissement, il se forme huit à neuf parties de graisse pour une partie de substance azotée. Cette proportion serait encore plus grande chez les animaux fortement engraisés, tels que les porcs élevés pour le lard.

Phénomènes de la nutrition.—Nous avons déjà vu que le mode d'alimentation des plantes est fort peu complexe. La plante peut fabriquer une grande variété de composés avec des substances simples, telles que l'acide carbonique, l'acide nitrique, l'eau et quelques sels. Toutes les transformations qu'elle accomplit se font grâce à une force extérieure, la lumière solaire.

On ne trouve pas, chez l'animal, cette puissance de combinaison. Son corps se forme de substances que la nourriture contient toutes préparées ou qui résultent de la séparation ou de la combustion de certains aliments, dans l'organisme. Aucun concours extérieur ne vient en aide à l'animal. La température de son corps (100 degrés Fahrenheit environ) est entretenue par la combustion des aliments absorbés. *L'énergie* au moyen de laquelle l'animal peut exécuter tout travail provient de la même source. L'énergie et la chaleur animales ont donc une origine exclusivement intérieure.

Il résulte de ce qui précède que, chez l'animal, la nourriture remplit un rôle plus complexe que dans les plantes. A celles-ci, elle procure seulement la matière indispensable à la formation des tissus, tandis qu'elle doit fournir en outre à l'animal la chaleur et l'énergie.

Éléments de la nourriture et leurs fonctions.—

On peut classer comme suit, les constituants solides des aliments végétaux ; (1) albuminoïdes ; (2) graisses ; (3) hydrates de carbone ; (4) sels. Outre ces éléments principaux, les plantes non encore arrivées à maturité en renferment une 5ième sorte, *les amides* qui concourent aussi à la nutrition animale. Les albuminoïdes et les amides sont des composés azotés ; les autres constituants ne renferment pas d'azote.

Les *albuminoïdes* qu'on trouve dans le blé, dans les racines ou dans toute autre nourriture végétale, ont la même composition que ceux du lait, du sang et de la viande. Les albuminoïdes apportés par les aliments ne servent pas seulement à former les principaux organes ; ils entrent aussi dans la composition des matières gélatineuses, de la laine, de la corne, etc. et, dans certains cas, ils produisent la graisse. La combustion des albuminoïdes dans le corps produit de la chaleur et développe de la force mécanique. Donc, les albuminoïdes satisfont à eux-seuls, à la plupart des exigences de la vie animale, propriété que ne possède aucun autre élément de la nourriture. On appelle fréquemment les albuminoïdes " formateurs de la viande."

La vie animale requiert toujours un apport constant d'albuminoïdes pour compenser les pertes en azote que les tissus subissent sans cesse. La quantité d'albuminoïdes digestibles ainsi requise est minime ; chez un homme adulte, par exemple, elle ne dépasse pas 40 grammes (1.4 onces) par jour.

Lorsque les tissus azotés ou les albuminoïdes utilisés comme nourriture sont oxydés dans le corps animal, l'azote qu'ils renferment est excrété sous forme d'urée et non pas brûlé. La quantité d'urée produite est égale au tiers en poids de la quantité d'albuminoïdes oxydée. Lorsque les albuminoïdes, ceux de la nourriture ou ceux des tissus, ne sont que partiellement oxydés, il se forme aussi bien de la graisse que de l'urée. D'après des expériences récemment faites, 100 parties d'albumine fournissent moins de chaleur que 47 parties de graisse.

Les *amides*, entrant dans l'alimentation, sont brûlés dans l'organisme animal et l'azote qu'ils contiennent est excrété sous forme d'urée. Les amides ne pourraient pas, comme les albuminoïdes, former les muscles ; ils ne servent qu'à produire de la chaleur et de la force.

Les *graisses* des aliments sont de composition identique à celles du corps ; mais, l'animal possède la propriété de transformer une graisse en une autre. La graisse fournie par la nourriture est, ou bien brûlée dans l'organisme animal en produisant de la chaleur et de l'énergie mécanique, ou bien emmagasinée pour être utilisée plus tard.

La graisse est le producteur par excellence de la chaleur et de l'énergie.

Les principaux *hydrates de carbone* sont l'amidon, le sucre et la cellulose. Ces substances sont composées de carbone, oxygène et hydrogène. L'oxygène et l'hydrogène y entrent dans les proportions voulues pour former de l'eau ; de là, le nom d'*hydrates*. On désigne

aussi sous cette dénomination nombre de composés non azotés renfermés dans les aliments, tels que la pectine, le lignose et des acides végétaux, quoique ces composés ne soient pas, à proprement parler, des hydrates de carbone. Ceux-ci forment la plus grande partie de tous les aliments végétaux. Ils ne sont pas emmagasinés dans le corps animal d'une manière permanente ; ils sont brûlés dans l'organisme et produisent la chaleur et le travail mécanique ; ils sont transformés en graisse, lorsqu'il s'en consomme plus qu'il n'en faut pour les besoins du moment.

Les hydrates de carbone et la graisse ne fournissent pas d'azote aux tissus animaux ; ils atteignent cependant ce but indirectement, en empêchant l'oxydation des albuminoïdes absorbés. Ainsi une quantité restreinte d'albuminoïdes, à laquelle on ajoutera une forte proportion d'hydrates, favorisera beaucoup mieux le développement musculaire que si l'on avait donné les albuminoïdes seuls : dans le premier cas, les éléments non azotés produisent la chaleur et l'énergie dont le corps a besoin ; dans le second, les albuminoïdes doivent pourvoir à eux seuls à tous les besoins.

Il semble résulter de ce qui précède que, si l'on donne à un animal adulte les petites quantités d'albuminoïdes et de sels nécessaires pour réparer les pertes que les tissus subissent tous les jours, les hydrates de carbone et la graisse pourvoiront aux autres besoins. Toutefois pour fixer ce point, des expériences concluantes restent encore à faire.

La valeur relative des éléments nutritifs, au point

de vue de la production de chaleur et de force, dépend de la quantité de chaleur émise pendant l'oxydation. Il a été démontré que la combustion de 100 parties de graisse donne la même quantité de chaleur que 213 parties d'albuminoïdes des muscles, ou 459 parties d'asparagine (dans les deux cas, il est fait déduction de la chaleur dépensée dans la formation de l'urine expulsée), ou 229 parties d'amidon, 235 parties de sucre de canne, 255 parties de glucose ou sucre de lait cristallisé. La cellulose digestible a une valeur moindre que les hydrates de carbone dont il vient d'être question : 267 parties de cellulose équivalent à 100 parties de graisse,

Les constituants minéraux qui existent dans les aliments sont précisément ceux que l'on trouve dans l'économie animale. Il incombe seulement à l'animal de choisir ceux dont il a besoin.

2. *Digestion.*—La digestion a pour objet de transformer les éléments solides de la nourriture en une substance propre à être absorbée et mise en circulation avec le sang. Certains hydrates de carbone, tels que le sucre, étant solubles et diffusibles, n'ont pas à subir l'action de la digestion ; d'autres, comme l'amidon et la cellulose, sont insolubles. Le travail de digestion des hydrates de carbone commence par l'action de la salive qui a la propriété de transformer l'amidon en sucre (maltose). Chez les ruminants, ce travail est prolongé par le séjour temporaire des aliments dans les deux premiers estomacs et leur retour dans la bouche pour être remâchés. La digestion de la cellulose commence dans la pansu où elle entre en

fermentation. La dissolution de l'amidon et de la cellulose a lieu dans les intestins sous l'effet du suc pancréatique et il se forme de la maltose qui est convertie en dextrose. Avant d'être absorbé, le sucre de canne est aussi converti en dextrose, le sucre de lait en dextrose et galactose ou en acide lactique. La dissolution de la cellulose a lieu dans le colon (gros intestin) à la suite d'une fermentation causée probablement par des bactéries. Pendant cette fermentation, il se produit des acides acétique, butyrique et carbonique et une petite quantité de gaz des marais.

Les *albuminoïdes* de la nourriture sont attaqués par le suc gastrique de l'estomac (le quatrième estomac chez les ruminants) et convertis en peptones, corps semblables en composition aux albuminoïdes dont ils ne diffèrent que par leur diffusibilité à travers une membrane. Le suc pancréatique de l'intestin grêle possède aussi la propriété de convertir les albuminoïdes en peptones et partiellement en amides (leucine et tyrosine.) Les agents de la digestion de la salive, du suc gastrique et du suc pancréatique sont des ferments inorganiques (enzymes) connus respectivement sous les noms de ptyaline, pepsine et trypsine.

La *graisse* liquéfiée par la chaleur du corps est sans doute absorbée sans subir de transformation. La bile et le suc pancréatique aident à la digestion de la graisse, si elle est ingérée en grande quantité.

L'absorption des éléments dissous a lieu sur toute la longueur du canal alimentaire ; cependant, ce travail est plus actif dans l'intestin grêle. Toutes les substances

absorbées passent dans le sang.

Le sang fournit la nourriture à toutes les parties du corps ; il procède à la formation de tous les tissus. Outre cela, il conduit aux tissus l'oxygène essentiel à leur entretien et les débarrasse, en même temps, de l'acide carbonique et des autres produits de la désassimilation.

3. *Respiration.*—Le sang, pendant son passage dans les poumons, est mis en contact avec l'air atmosphérique, et se charge d'oxygène, qui est absorbé par l'hémoglobine, l'un des principaux constituants des corpuscules rouges du sang. Le sang rouge qui est ainsi formé circule dans toutes les parties du corps par la voie des artères, et cède aux tissus l'oxygène dont il est chargé ; ceux-ci le consomment et il se produit, indépendamment d'autres résultats, de la chaleur et du travail mécanique. Lorsque le sang retourne des tissus aux poumons par les veines, l'hémoglobine dépouillée de son oxygène est devenue de couleur pourpre ; en même temps le serum du sang a entraîné de l'acide carbonique dissous avec plusieurs autres produits provenant de la désassimilation. Ainsi ramené dans les poumons, le sang s'y débarrasse en partie de l'acide carbonique qu'il charriait, pour prendre une nouvelle quantité d'oxygène.

4. *Excrétion.*—Les produits provenant de l'oxydation des tissus ou des aliments consommés sont éliminés de l'organisme par les poumons, les reins et la peau. Les principales substances oxydées, ainsi expulsées sont l'acide carbonique, l'eau, l'urée et des sels. L'acide

carbonique est éliminé par les poumons et, dans une faible mesure, par la peau ; l'urée et les sels sont rejetés au dehors par les reins et la transpiration, et l'eau par les divers organes excréteurs.

Lorsque des substances organiques non azotées telles que la graisse et le sucre, sont oxydées dans le corps animal, il se produit seulement de l'eau et de l'acide carbonique. L'azote des albuminoïdes des substances gélatineuses et des amides ne s'oxyde pas il est excrété sous forme d'urée. Le soufre des albuminoïdes est partiellement transformé en acide sulfurique.

La quantité d'azote trouvé dans les urines indique la quantité d'albuminoïdes, de substance gélatineuse et d'amides oxydés dans l'organisme. Tous les sels qui ne sont pas indispensables à l'économie sont éliminés par l'urine et la transpiration cutanée. Il y a généralement dans les urines abondance de sels de sodium et de potassium.

Les excréments solides sont formés de la partie non digérée des aliments, plus les résidus de la bile et de diverses sécrétions du canal digestif.

CHAPITRE VII.

ALIMENTS.

Composition des aliments — Détails — Proportion d'azote sous forme de matières albuminoïdes — Comparaison des aliments — *Circonstances influant sur la composition des aliments.* — Age et fumure. — Changements dus au fanage et à l'ensilage. — *Digestibilité des aliments.* — Méthodes de détermination. — Expériences sur les pores. — Expériences sur les canards et les volailles. — *Circonstances influant sur la digestibilité.* — Influence de l'âge de l'animal, de la ration, du travail. — Influence de la cuisson. — Influence de la maturité des fourrages sur leur digestibilité. — Influence de l'ensilage. — Influence d'un aliment sur la digestibilité d'un autre. — Sel de cuisine. — Valeur nutritive comparée des divers aliments. — Pouvoir relatif des aliments de produire de la chaleur et de l'énergie. — Proportion des matières albuminoïdes et non albuminoïdes. — Influence de la proportion d'eau. — Conclusions générales.

Nous avons fait connaître, dans le chapitre précédent, les éléments principaux de la nourriture et leurs fonctions dans le corps animal. Nous allons maintenant pousser notre étude un peu plus loin et examiner la composition détaillée des aliments utilisés sur la ferme et leur valeur nutritive.

Deux facteurs suffisent pour déterminer d'une façon précise la valeur nutritive des aliments : (1) la composition ; (2) le degré de digestibilité. Le premier de ces facteurs indique la richesse des aliments en albuminoïdes, graisse, hydrates de carbone et éléments minéraux. Le second établit la proportion dans laquelle ces différents constituants peuvent être utilisés dans le corps animal.

Composition des aliments. — Le tableau suivant contient la composition centésimale moyenne des aliments donnés communément aux animaux de la ferme. Les chiffres représentent la moyenne d'un grand nombre d'analyses faites pour chaque aliment.

COMPOSITION CENTÉSIMALE DES ALIMENTS USUELS

Nourriture.	Eau.	Matières azotées.	Graisse.	Hydrates de carbone solubles.	Fibres ligneuses.	Cendres.	Albuminoïdes.
Tourteau de coton décortiqué.	8.2	45.0	13.5	20.8	5.5	7.0	43.2
" " non décortiqué	12.5	22.0	5.5	34.8	20.0	5.2	20.6
Tourteau de lin.....	11.7	28.0	11.4	33.2	9.0	6.7	26.6
Tourteau de graines de navet.	10.0	31.1	9.6	30.1	11.3	7.9	28.3
Tourteau d'arachide.....	10.7	47.6	8.0	23.7	5.1	4.9	45.7
Fèves.....	14.3	25.4	1.5	48.5	7.1	3.2	22.6
Pois.....	14.0	22.5	1.6	53.7	5.4	2.8	20.0
Froment.....	13.4	11.7	2.0	69.3	1.8	1.8	10.8
Seigle.....	13.4	11.5	1.7	69.5	1.9	2.0	10.4
Avoine.....	13.0	11.3	5.4	57.3	10.0	3.0	10.6
Orge.....	14.3	10.6	2.1	65.5	5.0	2.5	10.1
Maïs.....	11.0	10.4	5.1	70.0	2.0	1.5	9.8
Germes de malt.....	10.0	23.7	2.2	44.1	12.5	7.5	16.6
Son de froment.....	13.2	14.1	3.7	56.0	7.2	5.8	12.0
Drèche.....	76.2	5.1	1.7	10.7	5.1	1.2	4.8
Drèche sèche.....	9.5	20.6	7.0	42.3	15.9	4.7	19.4
Farine de riz.....	10.3	12.3	12.0	47.8	8.6	9.0	11.3
Fanes de pois.....	13.6	9.0	1.6	33.7	35.5	6.6	?
" de fève.....	18.4	8.1	1.1	31.0	36.0	5.4	?
Paille d'avoine.....	14.5	4.0	2.0	37.0	36.8	5.7	3.5
" d'orge.....	14.2	3.5	1.5	39.1	36.0	5.7	3.2
" de froment.....	13.6	3.3	1.3	39.4	37.1	5.3	?
Herbe de prairie.....	75.3	4.0	0.9	11.5	5.9	2.4	3.0
Trèfle (à la floraison).....	81.0	3.4	0.7	8.0	6.2	1.6	2.6
Foin de trèfle (moyenne qualité).....	16.3	13.6	2.6	36.2	25.0	6.3	11.0
Foin de prairie (première qualité).....	14.6	12.0	3.2	39.9	23.2	7.1	10.2
Foin de prairie (qualité moyenne).....	13.7	9.2	2.5	42.9	25.2	6.5	8.0
Foin de prairie (qualité inférieure).....	13.8	6.8	2.1	44.9	27.0	5.4	6.3
Ensilage d'herbage.....	67.0	4.8	1.5	13.2	9.7	3.8	3.3
" de trèfle.....	68.4	7.4	1.8	8.3	11.6	3.0	4.1
" de maïs.....	79.1	1.7	0.8	11.9	6.0	1.4	1.0
Pommes de terre.....	75.0	2.1	0.2	21.0	0.7	1.0	1.2
Carottes.....	87.0	1.2	0.2	9.3	1.3	1.0	0.7
Betteraves.....	88.0	1.2	0.1	8.7	0.9	1.1	0.5
Navets de Suède.....	89.3	1.4	0.2	7.2	1.1	0.8	0.8
Navets.....	91.5	1.0	0.2	5.7	0.9	0.7	0.5

Les quantités de "matières azotées" ont été obtenues en multipliant par 6.25 (1) la quantité pour cent d'azote. Ces nombres représentent par conséquent, la quantité de matières albuminoïdes contenues dans chaque espèce d'aliment, *supposition faite que tout l'azote existe sous cette forme.*

Cependant, il a été démontré, ces dernières années qu'une partie de l'azote des matières alimentaires végétales ne s'y trouve pas sous la forme d'albuminoïdes mais sous celle d'amides (asparagine, glutamine, leucine, tyrosine, etc.), et en certains cas, sous celle de nitrates. On peut voir par le tableau suivant quelle est la proportion moyenne d'azote qu'on trouve sous forme d'albuminoïdes dans divers aliments d'après les analyses faites jusqu'à ce jour.

**PROPORTION CENTÉSIMALE D'AZOTE ALBUMINOÏDE
DANS L'AZOTE TOTAL DE DIVERS ALIMENTS**

Coton décortiqué.....	96	Paille d'orge.....	90*
Coton non décortiqué.....	94	Paille d'avoine.....	8.*
Tourteau d'arachide.....	96	Herbe (jeune).....	75
Tourteau de lin.....	95	Trèfles (jeunes).....	70
Tourteau de graines de navet.....	91		
Fèves.....	89	Foin de prairies.....	87
Pois.....	89	Foin de trèfles.....	81
Orge.....	95	Ensilage d'herbage.....	63
Avoine.....	94	Ensilage de maïs.....	59
Maïs.....	94	Ensilage de trèfles.....	55
Seigle.....	90		
Froment.....	88*	Feuilles de chou.....	70*
		Pommes de terre.....	58
Orge de malte.....	95	Carottes.....	58
Farine de riz.....	92	Navets.....	49
Son de froment.....	85	Betteraves.....	39
Malte.....	79		
Touraillons.....	70		

(1) L'emploi de ce facteur 6.25 résulte de ce que la matière azotée renferme en moyenne 15 pour cent d'azote. Cette proportion varie de 15 à 18 par cent.

Les nombres marqués d'un astérique représentent la moyenne de quelques analyses.

Il résulte de ce tableau que la plus grande partie de l'azote des graines mûres existe sous forme d'albuminoïdes. La proportion d'azote albuminoïde des graines de légumineuses, de seigle et de froment est très peu élevée ; dans le grain germé, le malt, par exemple, une partie considérable des albuminoïdes est remplacée par des amides. D'après les quelques analyses faites jusqu'ici des pailles mûres, il a été démontré que l'azote y existe sous forme d'albuminoïde. L'azote non albuminoïde se rencontre en proportion élevée dans les produits non mûrs. On le trouve aussi en quantité considérable dans les fourrages verts ; le foin à maturité n'en contient que très peu. Les racines et les tubercules contiennent la proportion la plus élevée d'azote non albuminoïde. Dans la betterave, une partie considérable de l'azote non albuminoïde existe sous forme de nitrates.

Considérons à présent les circonstances propres à altérer la proportion d'albuminoïdes dans les fourrages.

Les hydrates de carbone solubles dont il est question dans le tableau, comprennent non seulement les sucres solubles, le mucilage etc., mais aussi l'amidon, la pectine, les pectoses et une partie de la cellulose. Ces derniers, insolubles dans l'eau, deviennent solubles dans un acide faible et l'alcali dont se servent les chimistes pour séparer la grosse fibre. Presque tous les hydrates de carbone solubles qu'on trouve dans les pailles de céréales consistent en une substance insoluble.

dans l'eau chaude. Les pailles ne contiennent pas d'amidon.

La " fibre " résidu de l'analyse des aliments, est d'une constitution très variée ; on y trouve de la cellulose ordinaire, de l'oxycellulose et du ligneux. L'oxycellulose est le principal élément des fibres du foin fourni par les graminées et de la paille.

Disons maintenant un mot de la composition moyenne des différents aliments dont il est question dans le tableau.

La quantité de matière sèche est sensiblement uniforme dans les divers aliments secs ; et les plus riches en matières grasses sont généralement les plus secs. Il y a très souvent une plus grande quantité d'eau dans le grain et la paille en tas qu'il n'est mentionné dans le tableau. La proportion d'eau est maximum dans les fourrages verts et dans les plantes racines. Parmi les plantes racines et les tubercules, les pommes de terre contiennent la plus grande proportion de matière sèche, et les navets la plus petite.

Nous avons déjà vu que les *albuminoïdes* et les *graisses* sont les formes les plus concentrées de la nourriture des animaux ; donc, les aliments riches en albuminoïdes et en graisses digestibles ont le plus de valeur nutritive. Sous ce rapport, les tourteaux de lin viennent en tête. Ils constituent la nourriture la plus concentrée dont dispose le fermier. Les tourteaux de graine de lin de Bombay contiennent ordinairement 25—30 pour cent de substance azotée ; ceux de Russie, 27—33 p. c. ; et ceux d'Amérique 34—38 p. c. Les

tourteaux d'Amérique renferment environ 7 — 10 p. c. d'huile ; les tourteaux anglais et russes, 9—13 p. c. Les tourteaux de coton décortiqué et ceux d'arachide valent autant que les tourteaux de lin, s'ils sont de première qualité.

La proportion d'huile dans les tourteaux de coton décortiqué varie de 9 à 17 p. c. suivant le degré de pression. Les tourteaux purs ne contiennent pas d'amidon.

Les graines de légumineuses, telles que fèves, pois et lentilles, sont riches en albuminoïdes et pauvres en graisses. Les graisses des fèves et des pois sont riches en lécithine, substance contenant de l'azote et du phosphore. L'amidon est le principal hydrate de carbone des graines de céréales.

Les graines de céréales contiennent environ moitié moins d'albuminoïdes que les graines de légumineuses ; c'est l'avoine et le maïs qui en renferment le plus. Toutes les graines de céréales sont très riches en amidon, hydrate de carbone très digestible ; c'est leur caractère principal.

Parmi les produits de céréales mentionnés dans le tableau, le son, les drèches et la farine de riz représentent respectivement l'enveloppe du froment, de l'orge et du riz. Ces aliments sont plus riches en substances azotées et en graisses que le grain pris dans son ensemble, mais ils contiennent une plus grande proportion de ligneux.

Les germes de malt ou touraillons sont les radicales provenant de l'orge germée, après qu'elle a été séchée. La forte quantité de matière azotée que contiennent ces germes, existe, en grande partie sous forme d'amides.

Pour le foin, la paille, les fourrages verts, l'ensilage ou les racines, la composition générale renseigne d'une façon bien moins exacte sur la valeur nutritive que pour les graines.

C'est que dans les aliments de cette classe, l'azote ne sert pas seulement à former des albuminoïdes ; de plus les graisses renferment des matières cireuses non digestibles ; on trouve de la chlorophylle dans les engrais verts, de l'acide lactique dans l'ensilage ; et ces diverses substances se dissolvent dans l'éther dont on se sert pour isoler la graisse.

Les hydrates de carbone, dans cette catégorie, contiennent aussi beaucoup de cellulose sous différentes formes.

Pour toutes ces raisons, à poids égal de matières sèches, les aliments verts ont une valeur nutritive bien moindre que les graines récoltées à maturité ; et l'on ne saurait comparer d'une façon exacte la valeur nutritive d'aliments de classes différentes, d'après leur composition générale.

Une grande quantité d'aliments fournissent suffisamment d'éléments minéraux pour la formation des os et des muscles ; les principaux de ces éléments, sont l'acide phosphorique, la chaux et la potasse. Les tourteaux et le son contiennent la plus grande proportion d'acide phosphorique ; la paille et le foin de prairie, la proportion la plus faible.

La chaux est abondante dans le foin de trèfle, les fanes de fèves et les navets, tandis qu'on n'en retrouve que des traces dans les graines de céréales et dans les pommes de terre. Il y a beaucoup de potasse

dans les racines, le foin, les fanes de fèves, le son et les tourteaux de lin ; dans les graines de céréales, il n'y en a que très peu. La proportion d'acide phosphorique et de potasse existant dans les divers aliments est indiquée dans le grand tableau du chapitre IX.

La chaux et la soude sont les deux substances minérales qui font défaut le plus généralement. Après le riz, le maïs est l'aliment le plus pauvre en chaux. La quantité qu'il contient est trop faible pour suffire aux besoins d'un animal à croissance rapide. A Rothamsted, on employa avec avantage un mélange de cendres, de charbon, de sel de cuisine et de superphosphate pour des porcs exclusivement nourris de maïs. Aux Etats-Unis, quand on ne fourrage que du maïs, on y ajoute avec avantage des os broyés. Il est bon aussi, de se rappeler que les animaux absorbent une certaine quantité de chaux dans leur boisson. La soude est fournie facilement, si cela est nécessaire, par le sel commun.

Circonstances qui exercent de l'influence sur la composition des aliments.—La composition de toutes les substances alimentaires dépend du degré de maturité de la plante, de la nature du sol et de la saison. Les variations ne sont pas considérables dans un produit mûr, le grain, par exemple ; aussi, peut-on s'en rapporter aux données du tableau sans crainte d'être induit en erreur. Mais lorsqu'il s'agit de produits verts, tels que l'herbe de prairie, les navets, les betteraves, il faut prendre en considération le degré de maturité et la nature de l'engrais employé, si l'on veut connaître exactement la composition. Il est généralement admis que la proportion d'eau, de matières azotées et d'éléments minéraux

d'une plante diminue à mesure que celle-ci approche de sa maturité; la proportion d'hydrates de carbone au contraire, augmente; durant cette même période, les amides sont plus ou moins convertis en albuminoïdes.

La table suivante indique la composition centésimale d'herbe de prairie fauchée à trois différentes phases de sa croissance. La première coupe comprend une herbe de pâture très tendre; la deuxième une herbe propre à être convertie en foin; la troisième une herbe trop mûre pour en faire du bon foin. La composition, dans chaque cas, ne regarde que la matière sèche.

COMPOSITION DE FOINS RÉCOLTÉS A DIFFÉRENTES
DATES SUR LE MÊME CHAMP

Date de la coupe.	Matières azotées.		Graisses.	Hydrates de carbone solubles	Ligneux ou fibres.	Cendres.
	Total.	Albumi- noïdes.				
14 mai .	17.7	11.5	3.2	40.8	23.0	15.3
9 juin .	11.2	9.4	2.7	43.2	34.9	8.0
26 juillet .	8.5	7.8	2.7	43.3	38.2	7.3

Dans la première coupe, la quantité d'azote protéique est de 65.2 p. c., dans la deuxième de 84.0 p. c., et dans la troisième de 92.5 p. c. de l'azote total.

L'herbe jeune est beaucoup plus riche en albuminoïdes que l'herbe vieille; elle contient aussi une proportion moindre de ligneux, d'où sa plus grande valeur nutritive. On peut dire la même chose des trèfles. Donc, on fauchera aussitôt la floraison; si l'on attend plus longtemps, le foin perd une partie considérable de ses qualités.

Tandisque les fourrages perdent de leurs propriétés nutritives à mesure qu'approche l'époque de la maturité,

à cause de la transformation des hydrates de carbone solubles en ligneux non digestible, certaines autres récoltes, telles que la pomme de terre et la betterave, s'améliorent. Il faut attribuer cet effet inverse aux hydrates de carbone qui s'y forment à l'état d'amidon et de sucre, matières de haute valeur nutritive.

Les fortes fumures exercent généralement un effet considérable sur la composition des récoltes. Une récolte luxuriante contient toujours plus d'eau qu'une autre languissante. Des betteraves de grande dimension très souvent ne contiennent que 6 p. c. de matières sèches, tandis que d'autres, plus petites, en contiennent parfois 15 p. c. Une végétation herbacée luxuriante retarde la maturation. De deux betteraves dont l'une se trouve sur un sol fortement fumé et l'autre sur un sol pauvre, la seconde renfermera, plus de sucre que la première. Donc, une forte fumure contribue à l'augmentation du volume, diminue la proportion des hydrates de carbone et augmente celle de l'azote, des éléments minéraux et de l'eau. Dans une récolte fortement fumée, l'azote se trouve en moindre quantité sous forme de protéine que dans une récolte moins fumée et plus mûre. Ainsi, dans une récolte de 18 tonnes de betteraves par acre, engraisée avec du fumier d'étable, la proportion de l'azote protéique a été de 38 p. c. de la quantité totale d'azote ; tandis que, dans une récolte de 28 tonnes qui, outre le fumier d'étable, a encore reçu un apport d'engrais supplémentaire de nitrate de soude et de superphosphate, la proportion de l'azote protéique n'était que 29 p. c. de l'azote total.

De ce qui précède, il résulte que les betteraves et les navets de grande dimension récoltés sur une terre fortement fumée, sont moins nutritifs que d'autres de dimension plus petite. Ajoutons encore qu'une riche fumure donne toujours lieu à une récolte plus abondante et que la qualité des pommes de terre ne diminue pas quand même ces dernières atteignent un gros volume.

La composition du foin peut être beaucoup affectée par les conditions dans lesquelles se fait la fenaison et par les risques qu'il court quand il est mis en meule. Ainsi, lorsqu'il pleut beaucoup pendant la fenaison, le foin contiendra moins de matières digestibles (hydrates de carbone et albuminoïdes) que quand il fait du beau temps, et cette diminution sera d'autant plus grande que le foin aura plus longtemps souffert de la pluie. Les transformations qui ont parfois lieu dans une meule se font dans l'ensilage sur une échelle beaucoup plus grande.

Lorsqu'on accumule des fourrages verts dans un silo, la masse entre bientôt en fermentation il se forme de l'acide carbonique et autres gaz au détriment de l'eau et des matières sèches dont une partie se perd.

L'oxydation est réduite à son minimum quand on hache les fourrages et qu'on les charge de poids, aussitôt après les avoir mis dans le silo; dans ces conditions, il se produit une plus ou moins grande fermentation alcoolique, lactique et butyrique, et la matière ensilée devient aigre. Si, au contraire, on remplit le silo graduellement et qu'on attende quelques jours avant de comprimer la masse, la température s'élève

ve d'autant plus qu'il y a plus d'air d'emprisonné. Si, après que la masse a atteint une chaleur de 140o à 160o Fahrenheit, on la charge de poids, la matière ensilée acquerra un goût doux, les organismes occasionnant la fermentation acide ayant été tués par cet excès de chaleur.

Dans l'ensilage, les pertes en matières sèches sont surtout supportées par les hydrates de carbone ; la quantité des albuminoïdes n'est guère diminuée, mais une partie considérable est transformée en amides ou en sels ammoniacaux. Dans les ensilages acides, il se perd souvent ainsi un tiers des albuminoïdes. Dans les ensilages doux, la perte est moindre, mais ils sont moins digestibles. Les pertes sont moindres dans les grands silos que dans les petits.

Digestibilité des aliments. — Nous devons presque exclusivement à des recherches des Allemands, ce que nous savons relativement à la digestibilité des aliments ; bien des choses, déjà, concernant cette question, sont connues, mais il reste encore beaucoup d'études à faire. La méthode d'investigation généralement suivie consiste à nourrir les animaux avec des poids déterminés d'aliments dont on connaît exactement la composition chimique. Durant ce régime expérimental, les excréments solides sont recueillis, pesés et analysés suivant la méthode employée pour l'analyse des aliments consommés.

Par ce procédé, on trouve la quantité de chaque élément nutritif rejeté par l'animal ; la différence avec ce

qui a été absorbé indique la portion digérée. Les sécrétions intestinales donnent lieu à quelques erreurs assez petites, du reste, pour ne pas en tenir compte. On appelle "coefficient de digestibilité" d'un aliment la quantité pour cent qui en est digéré.

1. *Expériences sur les ruminants.*—Les ruminants ont un appareil digestif considérable consistant en quatre estomacs, outre les autres organes intestinaux. Il faut à la nourriture un temps considérable pour passer à travers cet appareil. On a observé, en changeant un bœuf de régime, qu'il a fallu cinq jours avant que les résidus des rations précédentes fussent entièrement expulsés. Les animaux de cette espèce ont une aptitude spéciale pour digérer des aliments volumineux contenant beaucoup de fibre.

On a fait des expériences sur des bœufs, des vaches, des moutons et des chèvres. Ces différents animaux semblent avoir une puissance digestive à peu près identique ; toutefois des expériences comparatives précises n'ont pas encore été faites. Le tableau suivant indique la moyenne des résultats obtenus avec des ruminants soumis à différents régimes alimentaires.

EXPÉRIENCES SUR LE BÉTAIL, LES MOUTONS ET LES CHÈVRES

ALIMENTS.	Il a été digéré sur 100 parties des matières suivantes:				
	Matières organiques totales.	Matières azotées.	Matières grasses.	Hydrates de carbone solubles.	Fibres.
Foin de prairie (1re qualité)....	67	65	57	68	63
“ “ 2e “	61	57	53	64	60
“ “ 3e “	56	50	49	59	56
Foin de trèfle (1re qualité)....	63	66	65	70	50
“ “ 2e “	56	54	53	64	46
Foin de luzerne (commencement de la floraison)	61	76	46	68	42
Foin de luzerne (pleine floraison)	56	68	53	62	45
Ensilage de maïs	60	48	25	68	56
Paille d'avoine	51	40	22	47	58
“ d'orge	53	25	42	54	56
“ de froment	46	23	36	33	55
Fane de fèves	55	49	57	68	43
Tourteau de coton (décortiqué). “ (non “).	81 54	87 74	95 90	76 51	? 16
Tourteau de lin	80	86	90	80	50
Pois	90	89	75	93	66 ?
Fèves	89	88	82	92	72 ?
Avoine	71	78	83	77	26
Orge	86	70	89	92	?
Maïs	91	76	86	93	58
Farine de riz	78	61	86	92	51
Son de froment	71	78	72	76	30
Tourillons	78	81	64	78	70
Orge de malt	62	70	82	63	39
Pommes de terre	88	65	—	93	—
Betteraves	88	77	—	96	—
Navets	96	62	—	99	—

Le degré de digestibilité des aliments énumérés dans la partie supérieure du tableau a été déterminé, en grande partie, en nourrissant les animaux seulement

Les nombres ci-dessus représentent le “coefficient de digestibilité” des principes constitutifs, de chaque aliment.

avec ces aliments ; le degré de digestibilité des aliments qui figurent dans la partie inférieure du tableau, a été déterminé en fourrageant une certaine quantité de ces aliments et une autre de foin dont la digestibilité avait été fixée antérieurement pour l'animal soumis au régime expérimental.

Le total des matières organiques digérées du foin de prairie et du foin de trèfle est de 55 à 60 pour cent de celles contenues dans ces aliments ; cette proportion peut s'élever à 70 pour cent dans le cas de foin de première qualité. Les matières organiques de la paille sont généralement digérées dans la proportion de 45 à 55 pour cent. La paille de froment occupe le bas de l'échelle.

La digestibilité des matières azotées du foin et de la paille augmente à mesure que leur proportion croît. Une expérience faite avec de la paille de froment contenant 4.8 pour cent de substances azotées, a démontré que le cinquième seulement ou 20 pour cent de ces matières fut digéré, tandis que pour du bon foin de luzerne contenant 19.3 pour cent de matières azotées, 75 pour cent de ces substances était digestible. L'exactitude de ce fait a été démontrée, à la fois par des essais de digestion artificielle effectués au laboratoire à l'aide de solutions de pepsine et de trypsine, et par des expériences sur les animaux. Les amides étant des corps solubles, on les a considérés comme de l'albumine digestible (protéine). Les ruminants digèrent environ 40 à 60 pour cent de la fibre du foin et de la paille. La fibre des légumineuses (foin de trèfle et de luzerne) et fanes de fèves est moins digestible que celle des graminées (paille d'avoine et de froment.)

Il a été démontré, pour les hydrates de carbone solubles et la fibre, que la partie non digestible est plus riche en carbone que celle digestible. On a aussi reconnu que la cellulose est une substance digestible et que la matière ligneuse qui se forme dans la plante à mesure que celle-ci grandit, contient plus de carbone et est moins bien digestible. D'après des analyses chimiques, la matière fibreuse du foin et de la paille des légumineuses est plus riche en carbone, par conséquent aussi en ligneux, que celle du foin de prairie ou de la paille de céréales.

Les aliments concentrés énumérés dans la partie inférieure du tableau, ont un degré de digestibilité beaucoup plus élevé que le foin ou la paille. S'ils sont de bonne qualité, les animaux assimilent 80 à 90 pour cent de la matière organique, sauf le cas où cette substance organique se trouve avec beaucoup de ligneux. Les albuminoïdes et la graisse particulièrement sont bien plus digestibles dans cette catégorie d'aliments que dans le foin et la paille. La quantité de fibre ligneuse est souvent trop faible pour qu'on puisse en déterminer la digestibilité avec précision. La matière fibreuse et dure qui forme l'enveloppe des graines est, selon toute probabilité, peu digestible.

Les albuminoïdes non digestibles n'ont pas la même composition que ceux digestibles. Les premiers contiennent du phosphore et sont désignés sous le nom de nucléine. Les sucres et l'amidon des aliments sont généralement entièrement digestibles. Les pentoses le sont moins.

2. *Expériences sur les chevaux.*—Des expériences comparatives ont été faites par Wolff sur les chevaux

et les moutons pour établir leur pouvoir digestif. Chaque animal avait reçu la même nourriture.

Ces expériences ont donné les résultats suivants :

EXPÉRIENCES SUR LES CHEVAUX.

Aliments.	Pour cent, digéré.				
	Matières organiques totales.	Matières azotées.	Matières grasses.	Hydrates de carbone solubles.	Fibres.
Herbe de prairie.....	62	69	13	66	57
Foin de prairie (première qualité).....	51	62	20	57	42
Foin de prairie (2e qualité).....	48	57	24	55	36
Foin de trèfle rouge.....	51	56	29	64	37
" " luzerne (1re qualité)....	58	73	16	70	40
Avoine.....	68	86	71	74	21
Fèveroles.....	87	86	8	93	69
Mais.....	91	78	63	94	100

EXPÉRIENCES SUR LES MOUTONS.

Herbe de prairie.....	75	73	65	76	80
Foin de prairie (première qualité).....	64	65	54	65	63
Foin de prairie (2e qualité).....	59	57	51	62	56
Foin de trèfle rouge.....	56	56	58	61	49
" " luzerne (1re qualité)....	59	71	41	66	45
Avoine.....	71	80	83	76	30
Fèveroles.....	90	85	84	94	79
Mais.....	89	79	85	91	62

Il résulte de ces tableaux que le cheval digère l'herbe et le foin de prairie moins bien que le mouton, quelle que soit la nature de ces fourrages. Ces deux espèces d'animaux assimilent une proportion presque égale d'albuminoïdes, mais la proportion d'hydrates de carbone, de fibres et de graisses assimilée est très différente. Ainsi, le cheval digère 7 — 10 pour cent

d'hydrates de carbone, 21 pour cent de fibre et 24—52 pour cent de graisses et de cires, en moins que le mouton. En somme, le pouvoir digestif du cheval pour la matière organique du foin de prairie est inférieur de 12 pour cent à celui du mouton. Le cheval digère mieux le foin de trèfle rouge ; et, quant au bon foin de luzerne, il en digère aussi bien que le mouton, tous les éléments, sauf les matières grasses. Le pouvoir moins grand chez le cheval de digérer la fibre végétale s'explique par le fait qu'il n'est pas muni, comme le mouton, d'un quadruple estomac ; il n'est pas ruminant comme lui et ne possède pas, par conséquent, les mêmes moyens pour attaquer un élément insoluble.

Le cheval digère le grain aussi bien que le mouton. Les coefficients de digestibilité, déterminés pour des éléments nutritifs qui ne se trouvent qu'en faible quantité dans la ration, sont sans importance ; telle est la matière grasse et ligneuse des fèves et la fibre du maïs.

Il a été démontré par des expériences faites en France sur des chevaux nourris exclusivement d'une seule sorte d'aliments, qu'ils digéraient 94·5 pour cent de la matière organique du maïs ; 93·3 pour cent de celle du son de froment ; 84·5 pour cent de celle de l'orge et des fèves ; 75·1 pour cent de celle de l'avoine ; 43·3—61·0 pour cent de celle du foin de prairie ; 49·4 pour cent de celle de la paille de froment ; et 94·6 pour cent de celle des carottes. Le grain avait été moulu. Le cheval est capable de digérer du maïs sans qu'il soit moulu ; mais, s'il reçoit de l'avoine non moulue, une partie échappe à la digestion et se retrouve intacte dans les déjections.

3. *Expériences sur les porcs.*—On n'a pas fait autant d'expériences sur les porcs que sur les ruminants. Le tableau suivant indique le degré de digestibilité des aliments le plus communément donnés aux porcs :

EXPÉRIENCE : SUR LES PORCS.

Aliments.	Pour cent digéré				
	Matières organiques totales.	Matières azotées.	Graisses.	Hydrates de carbone solubles.	Fibres.
Lait aigre.....	97	96	95	99	—
Farine de viande.....	95	97	87	—	—
“ “ pois.....	91	88	49	97	68
“ “ maïs.....	92	86	76	95	40
“ “ orge.....	82	75	65	90	45
Son de seigle.....	87	66	58	75	9
Pommes de terre.....	93	73	—	98	55

Le pouvoir digestif du porc pour les aliments mentionnés dans le tableau est très considérable ; il se montre aussi grand que celui des ruminants, dans tous les cas où la comparaison est possible. Si l'on fourrage aux porcs de la cellulose brute dans des conditions favorables, ils la digéreront aussi bien que toute autre nourriture. Deux porcs nourris de fourrage vert composé d'avoine et de vesces ont digéré 48,9 pour cent du ligneux. Cependant, l'appareil digestif du porc n'est pas fait de manière à recevoir et digérer avantageusement des aliments volumineux. Le porc digère également très bien les aliments provenant du règne animal, comme le prouvent les expériences mentionnées au tableau, faites avec de la farine de viande et du lait.

4. *Expériences sur la volaille.*—Il semble que les oiseaux ne digèrent pas la fibre ligneuse ; les aliments ne restent pas assez longtemps dans l'appareil digestif pour qu'elle puisse être attaquée.

Circonstances exerçant de l'influence sur la digestibilité.—La constitution individuelle decha que animal influe sans aucun doute sur son pouvoir digestif.

De deux animaux recevant une quantité égale de la même nourriture, souvent l'un digérera, d'une manière permanente, une plus grande proportion d'aliments que l'autre. Le pouvoir digestif des jeunes animaux semble être aussi grand que celui des animaux adultes. Ainsi, les facultés digestives chez des moutons âgés de 6 à 14 mois sont les mêmes.

Une augmentation ou une diminution de la ration journalière de foin, n'affecte pas sensiblement la proportion d'aliments digérés ; ainsi, un animal ne digérera pas une proportion plus grande d'aliments après avoir souffert de la faim pendant quelque temps. Cependant, avec des rations abondantes et riches, la proportion d'aliments digérés diminuera sensiblement. Le travail a une influence insignifiante, sur la digestion. Voici du reste la moyenne des expériences faites à Paris, par Grandeau et Leclerc, sur des chevaux de fiacres.

	Aliments digérés.
Cheval au repos.....	1,000
“ à la promenade au pas.....	1,032
“ au travail au pas.....	1,007
“ à la promenade au trot.....	976
“ au travail attelé.....	959
“ au travail au trot.....	973

Il n'est pas démontré qu'il y ait avantage à faire bouillir les aliments ; les fèves, le maïs et le son ne sont pas mieux digérés par le cheval ou le bœuf, si on les a préalablement fait tremper dans l'eau.

Il vaut mieux donner à sec aux porcs, l'orge, le maïs et la farine de pois plutôt que de faire cuire ces aliments. Quand les aliments ont séjourné dans l'eau chaude, les albuminoïdes deviennent moins digestibles.

La digestibilité des aliments dépend beaucoup de leur qualité ; l'addition d'un aliment à un autre change parfois d'une manière notable le degré de digestibilité du premier. L'âge des aliments modifie aussi la digestibilité. Ainsi, les éléments dont se compose la jeune plante sont plus digestibles, que lorsqu'elle vieillit. Nous avons indiqué au commencement du présent chapitre, la composition de l'herbe de prairie coupée à différentes dates. Les trois coupes dont il s'agit ont été converties en foin et fourragées à des moutons ; elles ont donné lieu aux coefficients de digestibilité suivants :

DIGESTION DU FOIN PAR LES MOUTONS.

Date de la fauchaison.	Pour cent digéré de chacun des éléments suivants :				
	Matière organique totale.	Matières azotées.	Grasses.	Hydrates de carbone solubles.	Fibres.
14 mai	75.8	73.3	65.4	75.7	79.5
9 juin	64.3	72.1	51.6	61.9	65.7
26 juin	57.5	55.5	43.8	55.7	61.1

La digestibilité de l'herbe diminue d'une manière remarquable à mesure que la plante avance en âge ; cette diminution, d'ailleurs, est générale pour tous les éléments nutritifs. On a obtenu des résultats similaires avec le trèfle ordinaire récolté à différentes époques de sa croissance.

Il résulte de ce qui précède qu'on ne saurait déterminer d'une manière absolue, la valeur nutritive des fourrages verts ou fanés, car leur composition et leur digestibilité sont considérablement influencées par leur âge et les circonstances dans lesquelles elles se trouvent au moment de la récolte. Un fait certain, c'est que la plante jeune est toujours la plus nutritive et un autre fait qu'on peut aussi établir comme certain, est que les herbages d'une prairie pâturée conviennent mieux pour l'engraissement du bétail que ceux provenant d'une prairie fauchée. Ceci s'explique parfaitement. Au pâturage, les plantes sont broutées à mesure qu'elles poussent ; par suite l'animal se nourrit constamment d'herbe jeune tandis que le foin se compose toujours de végétaux en pleine croissance.

La digestibilité des fourrages ne diminue pas d'une manière sensible par la fénaison si, bien entendu, ce travail est favorisé par un beau temps et exécuté dans de bonnes conditions. S'il pleut pendant la fénaison, il se perd par lavage beaucoup de matières solubles ; si l'on manie trop rudement les herbages fanés, beaucoup de parties tendres, délicates se perdent. Ces pertes doubles affectent considérablement la digestibilité. Une autre cause de diminution de la digestibilité du foin résulte d'une trop longue conservation. Dans le foin brun, la digestibilité des albuminoïdes et

des hydrates de carbone solubles est diminuée, tandis que celle du ligneux augmente.

Dans l'ensilage aussi, la digestibilité des albuminoïdes est fortement amoindrie. Ainsi, Wolff faisait couper en octobre une certaine quantité d'herbages dont une partie était fanée et l'autre ensilée. Le foin avait été séché modérément et toute perte avait été évitée dans la mise en meule. En mars et en avril, le foin et l'ensilage furent consommés par des moutons et l'on constata le coefficient de digestibilité comme suit :

	Il a été digéré sur 100 parties consommées					
	Matières organi- ques Totales	Matières azotées		Graisse	Hydrates de carbone soluble	Fibre
		Total	Albuminoïd.			
Herbes	59.8	56.0	42.8	45.7	60.8	61.8
Ensilage	54.2	27.2	1.8	60.9	52.1	71.2

Donc, sur 100 parties de matières azotées de l'ensilage, contenant 74.6 d'albuminoïdes, il n'en a été digéré que 1.8. D'autres expérimentateurs ont obtenu des résultats similaires, mais pas aussi excessifs que ceux du tableau ci-haut.

Influence d'un aliment sur la digestibilité d'un autre.—Si, à la ration de foin et de paille d'un ruminant, on ajoute des albuminoïdes purs tels que le gluten de froment, cet aliment sera entièrement digéré sans que la digestibilité des autres aliments soit sensiblement affectée. Des résultats analogues ont été obtenus avec des porcs nourris d'abord exclusivement de pommes de terre et auxquels on avait donné ensuite en supplément des quantités variables de farine de viande.

La digestibilité des pommes de terre resta la même, tandis que les matières albuminoïdes de la viande furent entièrement digérées. Si l'on ajoute une petite quantité d'huile à la ration ($\frac{1}{2}$ lb. par jour et par 1000 lbs. de poids vif,) la digestion des aliments secs est facilitée. L'huile elle-même est entièrement digérée si elle est donnée en petite quantité.

Si, à une ration de paille ou de foin, on ajoute de l'amidon ou du sucre dans une proportion excédant 10 pour cent des fourrages secs, on en diminuera la digestibilité. Cette diminution portera principalement sur les albuminoïdes de la ration ; la digestibilité de la fibre ligneuse sera également affectée si l'addition des hydrates de carbones est considérable. L'amidon est entièrement digéré, si la proportion des principes azotés relativement à ceux non azotés, n'est pas moindre que 1 à 8.

Ces faits sont d'une grande importance pratique. Les aliments azotés, tels que les tourteaux et la farine de fèves, peuvent être mélangés avec du foin ou de la paille sans nuire à la digestibilité de ces derniers ; mais des aliments riches en hydrates de carbone, tels que les pommes de terre et les betteraves, ne peuvent être ajoutés aux fourrages dans une proportion plus élevée que 15 pour cent, sans affecter la digestibilité de ces derniers. Cependant, on peut réagir contre cette diminution de digestibilité, en ajoutant aux pommes de terre et aux betteraves des matières azotées. Dans ce cas, on peut doubler la ration de racines et de tubercules, sans que la digestibilité en souffre.

Les pommes de terre diminuent plus sensiblement la digestibilité du foin que ne le font les racines, parce

que l'amidon des pommes de terre exerce une action plus puissante à cet égard que le sucre des racines. Les grains de céréales sont riches en amidon ; mais, en outre, ils contiennent une proportion élevée d'albuminoïdes. Aussi, peut-on les ajouter aux fourrages secs sans en altérer la digestibilité d'une manière appréciable ; il faut toutefois, que la proportion de l'élément azoté à celui non azoté soit au moins de 1 à 8.

Le sel commun est considéré comme un condiment utile à la nourriture ; cependant, les expériences qui ont été faites n'ont point démontré qu'il augmentait la digestibilité. Si les sels de soude font défaut dans l'alimentation, le sel apporte au sang cet élément indispensable. Les sels de sodium se trouvent abondants dans les racines et les choux ; on les rencontre en quantité moindre dans la paille et dans le foin ; il n'y en a pas dans les pommes de terre et, dans toutes les espèces de grains, ils manquent aussi généralement. D'après Bunge, le sel est nécessaire seulement avec les aliments qui contiennent beaucoup plus de potasse que de soude ; la pomme de terre est à cet égard l'exemple le plus remarquable que nous puissions choisir. Le sel en trop grande quantité, force l'animal à boire plus que d'habitude, d'où une augmentation considérable d'urée.

Valeur nutritive comparée des aliments.

—1. *Proportions des substances digestibles.*—Connaissant maintenant la composition et le degré de digestibilité des aliments, nous sommes à même d'étudier d'une façon générale leur valeur nutritive. Le tableau suivant indique les quantités d'éléments nutritifs

digestibles contenus dans 1,000 lbs. d'aliments ordinaires consommés par des moutons ou des bœufs. Les hydrates de carbone du tableau comprennent la cellulose digérée. Dans le calcul de la quantité d'albuminoïdes digestibles, les amides et les nitrates étant des corps solubles, ont été considérés comme formés d'albuminoïde digestible. Dans la colonne "albuminoïdes" il est laissé deux blancs, la quantité n'ayant pas été déterminée pour les faves de fèves, ni pour la paille de froment.

ÉLEMENTS DIGESTIBLES DANS 1,000 LBS. DE DIVERSES
SUBSTANCES ALIMENTAIRES.

	Matières organiques totales.	Matières azotées.	Graisses.	Hydrates de carbone.	Albuminol- des.
Tourteau de coton (décortiqué).	691	390	192	172	372
Tourteau de coton (non décor- tiqué).....	423	163	50	210	149
Tourteau de lin.....	654	240	103	312	262
Pois.....	747	200	12	535	175
Fèves.....	629	224	12	493	196
Froment.....	785	102	16	667	88
Avoine.....	598	89	45	464	82
Orge.....	706	74	19	613	69
Maïs.....	787	79	44	604	73
Farine de riz.....	662	75	103	484	65
Son de froment.....	584	110	27	447	89
Tourillons.....	637	192	14	331	121
Orge de brasserie.....	140	37	14	89	34
" (sèche).....	529	144	57	328	122
Herbe de prairie.....	156	28	5	123	18
Trèfle, (commencement de la floraison).....	123	25	5	93	17
Foin de trèfle (moyen).....	443	78	15	350	52
Foin de trèfle (1re qualité).....	517	79	19	319	61
Foin de prairie (moyen).....	492	52	14	426	40
Foin de prairie (dernière qualité)	455	33	10	412	28
Ensilage de maïs.....	123	8	7	108	1
Fanes de fèves.....	405	40	6	359	—
Paille d'avoine.....	410	16	6	587	11
Paille d'orge.....	428	9	6	411	6
Paille de froment.....	372	8	5	359	—
Pommes de terre.....	226	16	1	209	6
Carottes.....	196	9	1	96	4
Betteraves.....	98	9	1/2	88	2
Navets de Suède.....	97	9	1	77	2
Navets.....	68	6	1	61	1

On pourra très avantageusement consulter les données de ce tableau pour la préparation des diverses rations des animaux. Cependant, les résultats qu'on obtiendra ne seront qu'approximatifs, parce que la digestibilité varie plus ou moins, suivant la qualité des aliments et le pouvoir digestif des animaux.

2. *Propriétés des divers aliments pour la production de la chaleur et de l'énergie*—Il n'y a qu'une base sur laquelle on puisse comparer la valeur nutritive des aliments de composition diverse ; c'est le pouvoir calorifique. En effet, le résultat principal de la nourriture dans le corps de l'animal est la production de chaleur et d'énergie. Il y a une étroite relation entre le pouvoir calorifique d'un aliment et son aptitude à produire de la graisse ; mais, cette relation n'existe pas entre la quantité de chaleur que peut produire un aliment et ses propriétés à renouveler ou à accroître les tissus azotés du corps. Cependant, nous pouvons hardiment affirmer que la quantité de chaleur produite par la combustion des éléments digestibles d'une substance alimentaire quelconque, est un indice sûr de sa valeur nutritive quand, bien entendu, la ration dont elle fait partie, est composée d'une quantité suffisante d'albuminoïdes digestibles ; ce sera toujours le cas si les aliments sont bien combinés.

D'après des études récentes, les principes qui composent les aliments peuvent être classés comme suit au point de vue de leur pouvoir calorifique :

Graisse.....	229
Albumine.....	107
Amidon.....	109
Sucre de canne.....	97
Glucose et sucre de lait.....	90
Cellulose.....	86
Asparagine.....	49

Dans ce calcul, on n'a pas tenu compte de l'albumine ni de l'asparagine contenues dans l'urée, ces substances étant excrétées par les reins. En multipliant par leurs

coefficients calorifiques les quantités digestibles de graisses, d'albuminoïdes, d'amides, d'hydrates de carbone et de cellulose des divers aliments, les nombres qu'on obtient représentent le pouvoir calorifique des matières consommées par l'animal. En prenant pour base de comparaison le pouvoir calorifique du tourteau de coton qu'on suppose être 1,000, la valeur relative des autres aliments sera comme suit :

**POUVOIR CALORIFIQUE COMPARÉ DES DIVERS
ALIMENTS.**

	Conditions ordinaires.	Parfaitement secs.
Tourteau de coton (décortiqué).	1000	1000
Mais.....	957	986
Froment.....	913	967
Tourteau de lin.....	902	937
Pois.....	860	918
Farine de riz.....	859	879
Fèveroles.....	840	900
Orge.....	830	888
Avoine.....	715	785
Touraillons.....	700	714
Son de froment.....	695	735
Orge de brasserie (sec).....	674	680
Foin de prairie (1er qualité)....	565	607
Tourt. de coton (non décortiqué)	555	582
Foin de prairie (moyen).....	530	563
Foin de prairie (dernière qua- lité).....	486	517
Foin de trèfle.....	477	524
Paille d'orge.....	441	474
Fanes de fèveroles.....	424	477
Paille d'avoine.....	423	454
Paille de froment.....	383	407
Pommes de terre.....	253	929
Orge de brasserie.....	176	680
Ensilage de maïs.....	134	592
Betteraves.....	99	757
Navets de suède.....	90	768
Navets.....	71	761

L'exactitude de ces chiffres dépend de la composition et de la digestibilité des aliments, et comme l'une et l'autre sont sujettes à bien des changements, les pouvoirs calorifiques du tableau doivent être considérés seulement comme approximatifs.

Le tourteau de lin, à cause de la grande proportion de graisse et d'albuminoïdes qu'il contient, semblerait devoir occuper dans le tableau une place plus élevée que le maïs ; son infériorité doit être attribuée à sa digestibilité imparfaite. Il a été démontré en effet, que 20 p. c. des matières organiques du tourteau de lin ne sont pas digérées, et restent en conséquence inutilisables pour l'animal, tandis que pour le maïs, la perte, de ce chef, ne s'élève qu'à 9 p. c. Les tourteaux de lin occuperont dans le tableau ci-dessus un rang d'autant plus élevé qu'ils seront plus riches en graisse.

Il résulte de ces données qu'un poids égal d'aliments secs tels que du maïs, du froment, des pois ou des tourteaux a une valeur nutritive à peu près équivalente si, bien entendu, la ration comprend une proportion suffisante de matières albuminoïdes ; tel sera le cas pour le mouton, par exemple, si on lui donne ces aliments secs concurremment avec du bon foin de prairie.

On peut, sans altérer la valeur nutritive de la ration totale, substituer un aliment à un autre. Il y aura donc avantage pour le cultivateur de se tenir au courant des prix du marché et d'employer les aliments qui coûtent le moins cher.

3. *Proportions des éléments albuminoïdes aux non-albuminoïdes.*—Lorsqu'il s'agit de combiner les éléments d'une ration, il est de la plus grande importance de considérer la proportion relative des albuminoïdes digestibles aux albuminoïdes non digestibles ; ce rapport est désigné sous le titre de " relation nutritive " de la nourriture. Avant de déterminer cette relation, il faut réduire en leur équivalent d'amidon, les éléments non albuminoïdes. On a obtenu les relations nutritives consignées dans le tableau suivant, en se basant sur la composition moyenne des aliments donnée plus haut, et sur la digestibilité de leurs éléments, déterminée par les expériences allemandes :

**RELATION ENTRE LES ÉLÉMENTS AZOTÉS ET LES
ÉLÉMENTS NON AZOTÉS DE LA PARTIE
DIGESTIBLE DES ALIMENTS.**

	Rapports entre les matières azotées totales et les matières non azotées totales.	Rapport entre les matières albumi- noïdes et les ma- tières non albu- minoides.
Tourteau de coton (décortiqué).	1 : 1·2	1 : 1·3
Tourteau de coton non décorti- qué).....	1 : 1·9	1 : 2·2
Tourteau de lin.....	1 : 2·2	1 : 2·4
Fèveroles.....	1 : 2·3	1 : 2·7
Pois.....	1 : 2·8	1 : 3·2
Orge de brasserie.....	1 : 3·1	1 : 3·4
Tourillons.....	1 : 2·2	1 : 4·0
Son de blé.....	1 : 4·6	1 : 5·7
Trèfle rouge (commencement de floraison).....	1 : 3·8	1 : 5·8
Avoine.....	1 : 6·3	1 : 6·9
Herbe de prairie.....	1 : 4·4	1 : 7·0
Foin de trèfle (moyen).....	1 : 4·5	1 : 7·0
Foin de prairie (1re qualité)....	1 : 5·3	1 : 7·0
Froment.....	1 : 6·8	1 : 8·0
Fanes de fèveroles.....	1 : 8·3	1 : ?
Orge.....	1 : 8·8	1 : 9·4
Maïs.....	1 : 9·6	1 : 10·4
Foin de prairie (moyen).....	1 : 8·0	1 : 10·5
Farine de riz.....	1 : 9·0	1 : 10·5
Foin de prairie (2e qualité).....	1 : 11·9	1 : 14·1
Carottes.....	1 : 10·0	1 : 23·2
Pommes de terre.....	1 : 13·0	1 : 20·3
Paille d'avoine.....	1 : 22·2	1 : 32·5
Navets de suède.....	1 : 8·1	1 : 38·0
Betteraves.....	1 : 9·1	1 : 42·2
Navets.....	1 : 11·3	1 : 46·5
Paille d'orge.....	1 : 40·4	1 : 63·6
Paille de froment.....	1 : 40·9	1 : ?
Ensilage de maïs.....	1 : 14·1	1 : 100·5

Pour les données de la première colonne, on a sup-
posé que tout l'azote de l'aliment s'y trouve sous forme
d'albuminoïdes ; ce mode de procéder, quoique erroné, est

généralement suivi. Dans la seconde colonne, on n'a tenu compte que des albuminoïdes proprement dits ; dans la suite de ce traité, on s'en tiendra à cette dernière relation. Par suite, les amides se trouvent relégués parmi les corps non albuminoïdes.

Le tableau ci-dessus fait ressortir d'une manière frappante la grande différence qui existe entre les divers aliments ; quant à la quantité d'albuminoïdes qu'ils renferment, elle est beaucoup plus grande qu'on ne l'avait supposé dans le principe, parce qu'on admettait alors que tout l'azote contenu dans les aliments y existait sous forme d'albuminoïdes. C'est ainsi que l'on considérait les betteraves et les navets comme des aliments riches en albuminoïdes, tandis que, en réalité, ils n'en contiennent qu'une très faible proportion. Cette extrême pauvreté en albuminoïdes digestibles d'une ration formée de racines et de paille hachée rend très avantageux l'addition de tourteaux ou de farine de légumineuses.

Ainsi employés, les tourteaux, les pois, les fèves les apporteront non seulement leur valeur nutritive mais surtout ils feront acquérir par leur présence, à la ration une valeur générale bien plus grande ; ainsi, ils rendront les hydrates de carbone des racines et de la paille propres à la formation des tissus. Si, d'un autre côté, l'animal est en pacage, ou bien, si on l'engraisse avec du foin de trèfle ou tout autre aliment riche en albuminoïdes, il est inutile d'avoir recours aux tourteaux ou aux fèves ; il sera plus économique de donner un supplément soit de maïs, soit de graines de céréales.

Il va sans dire que la relation nutritive d'un aliment diffère avec les animaux, d'après le pouvoir digestif de chacun d'eux.

Ainsi, la même qualité de foin aura une relation nutritive de 1 : 9·1 pour le mouton et de 1 : 6·7 pour le cheval. Comme nous l'avons déjà dit, le cheval digère les albuminoïdes du foin, presque aussi bien que le mouton ; il digère moins bien les matières non azotées. D'où la conclusion que le foin constitue une nourriture plus azotée pour le cheval que pour le mouton. En composant les rations de façon à ce qu'elles contiennent une proportion d'albuminoïdes déterminée, on arrive à obtenir une alimentation plus économique.

Si l'on donne à une bête une ration moins azotée qu'il conviendrait, l'animal pourra ne pas en souffrir, à la condition qu'il puisse absorber une plus grande quantité d'aliments pauvres.

Nous étudierons dans le prochain chapitre les proportions d'albuminoïdes convenant le mieux aux diverses rations.

4.—*Influence de la proportion d'eau.*—La valeur nutritive des racines et de tous autres aliments riches en eau, est très souvent diminuée par le fait qu'une partie de la chaleur qu'ils produisent est absorbée pour élever cette eau à la température du corps de l'animal et pour en évaporer une partie par la transpiration. Chez les moutons, la proportion normale entre l'eau et la matière sèche est environ de 2 : 1 ; chez les chevaux de 2—3 : 1 ; chez le bétail, de 4 : 1. Des moutons récemment tondus ont besoin de moins d'eau que ceux pourvus d'une épaisse toison. Un excès d'eau est préjudiciable à la nourriture.

Un mouton nourri en hiver, à l'air extérieur, avec des navets, et qui consomme par jour, disons 20 lbs de cet aliment, absorbe avec cette nourriture 18.4 lbs. d'eau, soit 15.2 lbs. de plus qu'il ne lui en faut pour son entretien. Ces 15.2 lbs. d'eau, qui sont à la température de la glace fondante, doivent être portées à la température du corps de l'animal, soit environ 65° Fahrenheit. Or, pour produire cette augmentation de chaleur, il faudra la combustion d'environ 60 grammes d'hydrates de carbone (considérés comme amidon), ce qui équivaut à 9 p. c. environ de la nourriture totale consommée. Mais, cette perte de nourriture est encore plus grande, si l'on tient compte de ce qu'une partie de cet excès d'eau est évaporée par transpiration ou exhalée par la respiration. Or, l'évaporation de 1 lb. d'eau prise à la température de l'animal, exige la combustion d'environ 59 grammes d'amidon. L'absorption d'un excès d'eau augmente en outre, dans une certaine mesure, la quantité d'albuminoïdes oxydés et occasionne par là une perte d'éléments azotés.

Il résulte de ce qui précède qu'il est économique d'adjoindre des aliments secs aux racines ou aux aliments verts donnés aux moutons. De cette manière, on diminue la quantité d'eau absorbée par ces animaux et sa proportion dans la ration se rapproche de ce qu'elle devrait être normalement.

5.—*Conclusions générales.*—On a essayé d'établir la valeur pécuniaire de chaque élément alimentaire, afin de déterminer ensuite celle des diverses rations d'après leur composition. Dans ces sortes de calculs,

il faut prendre chaque fois pour base les prix du marché.

Les évaluations ainsi obtenues sont naturellement variables et n'indiquent ni la valeur de l'aliment au point de vue du profit que l'animal en tire, ni sa valeur comme producteur de fumier.

La valeur nutritive relative des différents aliments ne peut être déterminée scientifiquement qu'en comparant leurs pouvoirs calorifiques respectifs. En partant de cette base, la valeur de la graisse est plus que double de celle de tout autre principe nutritif. Cependant, si dans le calcul de la valeur nutritive des éléments de la nourriture, on comprend leur valeur comme engrais, les substances azotées prennent la première place. Jusqu'ici, on n'a pas tenu grand compte de la valeur des aliments comme engrais, pour en déterminer le prix vénal.

L'effet pratique utile d'un aliment quelconque dépend, en majeure partie, des conditions dans lesquelles il est donné, de l'espèce animale qui le consomme et de la composition de la ration dont il fait partie. Ainsi, un ruminant retirera plus de profit d'une nourriture volumineuse, comme le foin ou la paille, qu'un cheval ou un porc. Des aliments concentrés, faciles à digérer, tels que les grains et les tourteaux, ont une valeur de beaucoup supérieure à celle de leur composition s'ils viennent s'ajouter à une nourriture pauvre et volumineuse comme, par exemple, la paille hachée, ou à une nourriture aqueuse, telle que les navets. Ces substances concentrées, ainsi additionnées, améliorent la ration, de telle sorte que l'animal en tire le meilleur profit.

D'un autre côté, les racines et les fourrages verts, quoique aqueux et de composition pauvre, deviennent très utiles s'ils sont ajoutés aux aliments secs dans une juste proportion. En un mot, pour obtenir d'un aliment la plus grande valeur nutritive, il faut en faire un usage rationnel.

Reste une condition qu'on ne parviendra jamais à exprimer au moyen de chiffres : la saveur. Une saveur agréable excite l'appétit et probablement aide à la digestion. Cette partie de la question appartient plutôt à la pratique qu'à la science.

CHAPITRE VIII

ADAPTATION DE LA NOURRITURE AUX BESOINS DES ANIMAUX.

Les besoins d'un jeune animal.—Composition du colostrum et du lait.—Quantité d'albuminoïdes requise par ration—Quantité de nourriture requise aux différentes phases de la croissance de l'animal.—Importance des éléments minéraux.—*L'animal adulte.*—Production de la chaleur.—Travail.—Ration d'entretien.—Ration de travail.—Influence de l'allure au pas—*Animaux à l'engrais.*—Conditions indispensables à l'engraissement.—Résultats obtenus dans des expériences faites sur des bœufs, des moutons et des porcs soumis au régime ordinaire.—Différences dans la quantité d'aliments consommés et dans l'augmentation de poids aux diverses périodes de l'engraissement.—Relation nutritive pour les animaux à l'engrais.—*Production de la laine.*—Composition de la laine.—Influence de la nourriture.—*Production du lait.*—Influence des rations sur la quantité de lait.—Ration pour les vaches laitières.—Comparaison des matières azotées émanant du bœuf et de la vache.—Influence de la nourriture sur la qualité du lait et du beurre.

Animaux jeunes.—La nourriture des jeunes animaux a pour but principal de favoriser la formation rapide des tissus azotés et des os. Elle devra donc contenir abondance de matières albuminoïdes et d'éléments minéraux. La nature des aliments les mieux appropriés aux besoins des jeunes animaux, est indiquée par la composition du lait. Le lait fourni à la jeune bête immédiatement après sa naissance est extrêmement concentré (colostrum). Durant la semaine qui suit, la quantité de ce lait augmente dans une forte proportion ; et, en même temps, sa composition se modifie peu à peu, jusqu'à ce que le colostrum soit remplacé par le lait normal.

On peut voir dans le tableau suivant quelle est la composition du colostrum et celle du lait de divers animaux ; les chiffres représentent la moyenne d'un grand nombre d'analyses :

COMPOSITION DU COLOSTRUM.

	Eau.	Albuminoï- des.	Graisse	Sucre.	Cendre.	Relation nutritive.
Brebis...	66.4	16.6	10.8	5.0	1.2	1 : 1.8
Truie...	71.1	15.6	9.5	3.8	0.9	1 : 1.6
Vache...	74.7	17.6	3.6	2.6	1.5	1 : 0.6

COMPOSITION DU LAIT.

	Eau.	Albuminoï- des.	Graisse	Sucre.	Cendre.	Relation nutritive.
Brebis ..	80.8	6.5	6.9	4.9	0.9	1 : 3.1
Truie...	84.6	6.4	4.8	3.2	1.0	1 : 2.2
Vache ..	87.0	3.7	3.9	4.7	0.7	1 : 3.6
Femme ..	87.4	2.3	3.8	6.2	0.3	1 : 6.2
Chèvre ..	85.7	4.3	4.8	4.4	0.8	1 : 3.5
Anesse..	89.6	2.3	1.5	6.0	0.5	1 : 3.9
Jument ..	90.8	2.0	1.2	5.6	0.4	1 : 3.9

Le colostrum contient une proportion très élevée d'albuminoïdes. Le lait en contient beaucoup moins ; mais il est plus riche en sucre.

La matière sèche du lait est très nutritive, à cause de sa digestibilité parfaite et de la grande proportion de graisses et d'albuminoïdes qu'elle contient. Supposant, comme il a déjà été dit, que le pouvoir calorifique du tourteau de coton soit 100, celui de la matière sèche du lait de vache sera 140. Le lait fournit aussi les éléments minéraux nécessaires à la formation des os et des tissus ; 100 lbs. de lait de vache renferme environ 0.20 lb. d'acide phosphorique, 0.17 lb. de chaux et 0.17 lb. de potasse.

Le rapport des éléments azotés à ceux ne contenant pas d'azote est plus grand dans le lait que dans la plupart des aliments végétaux. Les analyses du tableau accusent des proportions variant de 1.22 à 1.3.9 en ce qui concerne les animaux de l'étable. La proportion est beaucoup plus élevée dans le colostrum. Il faut tenir compte de ces faits dans l'alimentation des jeunes animaux. Leur nourriture devra contenir une proportion considérable de graisse et d'albuminoïdes et être d'une digestibilité parfaite. Au lieu de suivre ce principe, beaucoup de fermiers servent une nourriture très souvent trop riche en amidon. Parmi les aliments usuels, le tourteau de lin constitue celui dont la composition se rapproche le plus de celle du lait.

Le jeune animal utilise presque tous les éléments que contient le lait. Ainsi, un jeune veau transforme en viande 67 p. c. des albuminoïdes du lait qu'il reçoit et il assimile en même temps 98 p. c. de la chaux et 74 p. c. de l'acide phosphorique. Durant les premières semaines après le vêlage, 10 lbs de lait, contenant 1,3 lb de matière sèche, augmentent le poids d'un veau de 1 lb.

Parfois, un veau augmente de poids plus rapidement qu'un bœuf à l'engrais dix fois plus lourd que lui. Cet accroissement extraordinaire est dû à la qualité relativement énorme d'aliments consommés par la jeune bête ; il s'explique aussi parce que le développement a surtout un caractère aqueux et représente peu de graisse. La même augmentation de poids chez un bœuf à l'engrais et chez un jeune veau représente cinq fois plus de nourriture consommée par le premier que par le second.

A mesure que l'animal croît et se donne plus de mouvement, une plus grande proportion de la nourriture est requise à la production de la chaleur et du travail mécanique. On pourra donc graduellement diminuer la proportion des éléments azotés, les hydrates de carbone et la graisse pouvant fournir la chaleur et l'énergie aussi bien que les albuminoïdes. Dans les circonstances ordinaires, la diminution des éléments azotés s'opère naturellement, car le jeune animal consomme chaque jour de plus en plus d'herbe avec le lait de la mère. Il est à remarquer que le lait de la femme, quoique beaucoup moins riche en matière azotée que tout autre lait, suffit seul au besoin de l'enfant pendant un allaitement plus long chez l'espèce humaine que chez toute autre.

Proportionnellement à son poids, l'animal consomme plus de nourriture dans la première phase de son existence que dans les périodes suivantes :

La quantité de nourriture consommée journellement augmente d'une façon régulière dans la plupart des cas ; en même temps l'écart entre le poids des aliments absorbés et le poids vif de l'animal diminue, et l'augmentation de ce poids vif devient graduellement moindre.

Le tableau ci-dessous établi par Wolff d'après des expériences faites en Allemagne montre les modifications à apporter aux rations des animaux pendant la croissance.

Il faut remarquer qu'en ce qui concerne les petits moutons allemands, la ration par tête n'a pas été

augmentée pendant la période consignée dans le tableau :

	Nourriture digestible considérée comme amidon		Proportion de la substance azotée à la substance non azotée de la nourriture
	Par tête et par jour	Par 100 lbs. poids vivant et par jour	
Bœufs, poids lbs.	lbs.	lbs.	
165.	3.6	22.4	1 : 4.7
" " 330.	6.3	19.0	1 : 5.0
" " 650.	9.6	17.4	1 : 6.0
" " 770.	12.1	15.9	1 : 7.0
" " 935.	13.6	14.3	1 : 8.0
Moutons pds lbs.			
62.	1.28	20.6	1 : 5.5
" " 75.	1.25	17.4	1 : 5.5
" " 84.	1.22	14.7	1 : 6.0
" " 90.	1.20	13.5	1 : 7.0
" " 95.	1.16	12.5	1 : 8.0
Porcs poids lbs.			
55.	2.1	37.5	1 : 4.0
" " 110.	3.3	30.0	1 : 5.0
" " 138.	3.9	28.0	1 : 5.5
" " 187.	4.5	23.8	1 : 6.0
" " 275.	5.2	18.7	1 : 6.5

Il est très important que la nourriture donnée à des jeunes animaux contienne une proportion suffisante d'éléments minéraux et principalement de chaux.

L'Animal adulte.—La nourriture d'un animal adulte qui n'augmente ni ne diminue en poids sert à la rénovation des tissus, la formation des poils, de la laine etc., et à la production de la chaleur et du travail mécanique ; toutefois la plus grande partie est utilisée à la production de la chaleur.

Production de la chaleur.—Chez un animal au repos, dont le poids ne change pas, le résultat final des aliments digérés consiste presque uniquement dans une production de chaleur et une production de matières excrémenteuses. La température du corps de l'animal est environ 100° Fahrenheit. La chaleur ne se perd pas seulement par rayonnement ; elle sert aussi à l'évaporation de l'eau excrétée par la peau et exhalée par les poumons. Plus l'animal est petit, plus est grande la production de chaleur par unité de poids. Ainsi, un chien adulte de 6 lbs. produit deux fois plus de chaleur par unité de poids qu'un autre pesant 40 lbs. Il faut attribuer ce fait à ce que les corps petits ont une surface plus étendue que les corps plus grands, proportionnellement au poids, et par suite se refroidissent plus.

Travail.—Le travail chez l'animal est à la fois interne et externe. Le travail interne consiste en mouvements musculaires ayant pour objet la circulation, la respiration et autres actes vitaux ; ce travail se produit même quand l'animal est au repos. Chez l'homme, tout le sang passe par le cœur dans l'espace d'une demi-minute. Le travail quotidien accompli par le cœur chez un homme de constitution moyenne est de 150-200 (foot-tons) ; c'est-à-dire que le travail exécuté en un jour par le cœur humain suffirait à élever 1 tonne à la hauteur de 150 à 200 pieds. Le travail produit par les autres organes et les muscles, même quand il ne sert qu'à tenir le corps dans la position verticale, est considérable. Ce travail n'a pas encore été exactement déterminé.

Presque tout le travail interne est destiné à produire de la chaleur.

Pour donner une idée du travail extérieur, prenons pour exemple un homme de 154 lbs. qui a fait sur un terrain horizontal une marche de 20 milles : le travail dépensé équivalait à 363 (foot-tons).

Autrefois, on supposait que la force musculaire était produite par l'oxydation des éléments azotés des muscles et qu'il fallait donner des rations riches en albuminoïdes dans les cas de durs travaux.

On sait aujourd'hui que cette idée était erronée, car on a constaté par des expériences répétées que le travail ne donne pas lieu à une production plus grande d'urée, mais qu'il augmente dans une large mesure la quantité d'acide carbonique exhalée. Il est probable que l'énergie est produite aussi par l'oxydation des albuminoïdes, mais elle l'est surtout par l'oxydation des hydrates de carbone ou de la graisse. On compare le corps de l'animal à une locomotive dans laquelle on brûle des aliments au lieu de charbon.

Lorsqu'on soumet à un travail pénible un animal trop peu nourri, les aliments peuvent ne pas suffire à l'oxydation nécessaire ; dans ce cas, la graisse et les albuminoïdes de l'organisme concourent à cette oxydation et la quantité d'urée excrétée augmente. On altère donc la constitution d'un animal soumis au travail et insuffisamment nourri,

Si l'on exige tout à coup un travail intense d'un animal depuis longtemps au repos, il y aura tout d'abord une augmentation notable d'albuminoïdes oxydés ;

mais s'il reçoit une nourriture substantielle, cette augmentation cessera aussitôt que les muscles seront habitués à ce travail

Ration de maintien.—Un animal adulte qui n'augmente plus en poids et soumis seulement à un travail léger, ne doit recevoir qu'une ration minimum, par exemple, le bœuf ou le cheval à l'écurie. Ainsi, un cheval de 1000 lbs. qui ne fait autre chose qu'une promenade d'une couple d'heures par jour, ne doit pas recevoir, par jour, d'après des expériences françaises, plus de 7—7·8 lbs. de foin contenant 0,45 lb d'albuminoïdes pour se maintenir en bonnes conditions. Suivant des expériences faites en Allemagne, la ration de foin devrait être de 8,4 lbs. Un bœuf de 1000 lbs. au repos à l'étable, sera maintenu en condition avec environ 0·5—0·6 lbs. d'albuminoïdes digestibles et 7·3—7·4 lbs. de matières non azotées digestibles, comptées comme amidon. Les rations, pour ces expériences, étaient principalement composées de foin et de paille ; avec des aliments plus riches, la quantité nécessaire serait moindre. Pour les moutons, la ration d'entretien est plus élevée car la croissance de la laine avec les sécrétions grasses qui l'accompagnent est constante et, pour ainsi dire, indépendante de l'abondance ou de l'exiguité de la ration. Il faut, pour l'entretien d'un troupeau de moutons tondus, par 100 lbs. de poids vif et par jour, 1·0 lb. d'albuminoïdes digestibles et 10·8 lbs. de matières non azotées digestibles. Donc, dans la ration d'entretien d'un animal adulte, la relation nutritive des aliments n'est que de 1:13 pour le cheval, de 1:14 pour le bœuf et de 1:11 pour le mouton. Et c'est la ration d'entretien qui devra renfermer le minimum de matières azotées

Ration de travail.— Il faudra augmenter considérablement la ration d'un animal astreint au travail, si l'on veut qu'il reste toujours dans le même condition. Il résulte d'expériences qu'un homme faisant un bon travail, exhale par jour, un tiers d'acide carbonique en plus qu'il n'en expire au repos ; donc, pour maintenir le poids de son corps, il devra prendre un tiers de nourriture en plus.

D'après Wolff, un cheval de labour pesant 1000 lbs. peut accomplir, par jour, un travail équivalent à 6.458 tonnes. Les nombreuses expériences du même auteur démontrent qu'un cheval qui n'est pas surmené peut faire un travail de 1.269 tonnes par chaque livre de matière organique digérée (transformée en amidon), en plus de la ration ordinaire. Si la ration journalière d'un cheval au repos est de 9, 2 lbs de matière digestible, il faudra ajouter 5, 1 lbs des mêmes aliments pour arriver à la ration de plein travail. Peu importe que la substance digestible soit fournie par de l'amidon, du tourteau de lin ou tel autre aliment. La valeur de cet aliment au point de vue de l'énergie à créer, est due uniquement à la chaleur qu'il produit.

La somme de travail qu'un animal peut faire avec une ration donnée, dépend en grande partie des conditions dans lesquelles ce travail est fait. Le travail accompli lentement est le plus économique. D'après les expériences de Grandeau et Leclerc, une ration de 19.4 lbs. de foin par jour est suffisante pour maintenir dans son état normal un cheval faisant chaque jour 12 milles au pas ; tandis qu'une ration de 24 lbs. ne suffit pas si l'on fait parcourir cette distance, au trot. Un cheval

parcourant cette distance de 12 milles au pas, en traînant une voiture (travail additionnel de 1943 tonnes) sera suffisamment nourri avec 26, 4 lb. de foin. Mais une ration journalière de 32,6, c'est-à-dire tout ce que le cheval est capable de manger, sera insuffisante pour maintenir l'animal en condition, s'il exécute avec la même charge, la course au trot. Chez un cheval au trot, le poulx bat plus rapidement, d'où une augmentation de travail du cœur. Un cheval trottant ou galopant soulève son poids et le laisse retomber à chaque pas qu'il fait ; de là, une production de chaleur. La température du corps de l'animal s'élève par suite de l'effort et une grande partie de la chaleur produite est dépensée à produire l'évaporation de l'eau par les poumons ou l'excrétion par les pores de la peau. Un cheval au repos perd, par évaporation, 6.4 lbs. d'eau par jour ; en marchant au pas, il en perd 8.6 lbs. ; en travaillant, au pas 12.7 lbs. ; en trottant 13.4 lbs. Il résulte de ces données qu'un cheval a besoin d'une quantité d'eau plus grande, quand il travaille que quand il est à l'écurie.

Le cheval de fiacre, à Paris, s'il reçoit une nourriture mixte dépense 2.1 d'eau contre 1 de matière sèche au repos, et 3.6 contre 1 attelé. Nourri au foin seulement la proportion devient 3.3 contre 1 au repos et 4.3 contre 1 à la voiture.

Une ration composée de foin de prairie ou de trèfle, ne contient pas assez de matière digestible pour un bon travail journalier, même si ce travail est effectué au pas ; mais la jeune herbe d'un bon pâturage aurait une richesse nutritive suffisante.

Wolff a démontré qu'une livre d'avoine peut per-

mettre à l'animal de faire un travail de 778 tonnes, et une livre de maïs, un travail de 1,007 tonnes. Les fèves, quoique plus faciles à digérer que l'avoine n'ont pas, néanmoins une valeur nutritive plus grande.

La matière digestible du foin et de la paille est beaucoup moins capable de produire l'énergie que les éléments digestibles contenus dans le grain.

En composant pour les chevaux une ration de travail, il faut mélanger le son avec les fèveroles et les pois et non pas avec du maïs, car maïs et son sont tous deux quelque peu laxatifs. La relation nutritive de la ration de travail pour nos chevaux de tramway est environ 1:7.

Animaux à l'engrais.—Il est clair que pour que le corps augmente en poids, la quantité de nourriture doit excéder la dose nécessaire à entretenir les tissus et à produire le travail.

Lorsque la ration comporte cet excédent, les éléments minéraux et une partie des albuminoïdes concourent à la formation des tissus. Le reste, avec une partie de la graisse et les hydrates de carbone, s'emmagine dans l'économie sous forme de graisse.

Puisque l'excédent de nourriture est *seul* capable de servir au développement du corps de l'animal, il est économique de fournir une ration copieuse, sans qu'elle soit exagérée. Ainsi, quand un bœuf arrivera, grâce à une alimentation abondante, à peser 1000 lbs. à l'âge d'un an, le total de nourriture dépensé sera toujours moindre que s'il avait fallu deux ans pour atteindre ce poids vif, car on aura économisé les aliments nécessaires durant la deuxième année, pour produire la chaleur et l'énergie.

On peut aussi épargner la nourriture, en diminuant les dépenses de chaleur et de travail. Ainsi, à ration égale, un animal engraissera plus vite, au repos à l'étable que si on lui fait prendre de l'exercice. Dans le même ordre d'idées, l'augmentation qui résultera d'une ration donnée, sera moindre en hiver qu'au printemps ou à l'automne, parce qu'une partie de la nourriture doit être utilisée à la production de la chaleur quand l'animal se trouve dans une atmosphère plus froide. Il résulte de ces considérations qu'il est du plus haut intérêt de garantir les animaux contre les froids d'hiver.

Cependant, si la température s'élève d'une façon considérable, la transpiration augmente et il se dépense une certaine quantité de chaleur dans l'évaporation de l'eau ; d'où un gaspillage de nourriture. La température la plus favorable pour l'engraissement économique est de 60 degrés Fahrenheit. Le repos et l'absence de toute excitation sont favorables à l'engraissement ; c'est pourquoi il est recommandable de garder toujours les étables dans une demi-obscurité.

La race et le tempérament jouent un grand rôle dans l'engraissement. Le cultivateur reconnaît aisément les aptitudes d'un animal à l'engrais en passant la main sur sa peau.

Les trois espèces d'animaux qu'on rencontre le plus communément sur la ferme, ont des aptitudes fort différentes pour l'utilisation des rations au point de vue de l'engraissement. Lawes et Gilbert ont calculé qu'en moyenne, sur une période complète d'engraissement, le bœuf augmentera de 100 lbs. en poids, moyennant une consommation de 250 lbs. de tourteaux, 600 lbs. de

foin de trèfle et 3,500 lbs. de navets de suède. Le mouton produira la même augmentation moyennant 250 lbs. de tourteaux, 300 lbs. de foin de trèfle et 4,000 lbs. de navets de Suède. Pour obtenir le même résultat avec le porc, il faudra lui donner 500 lbs. de farine d'orge. La proportion d'aliments consommés et l'augmentation en poids chez ces trois espèces d'animaux sont consignées dans les deux tableaux ci-après.

**RÉSULTATS OBTENUS CHEZ DES ANIMAUX A L'ENGRAIS
CALCULÉS POUR 100 LBS. DE POIDS VIVANT
PAR SEMAINE.**

	Aliments donnés aux animaux		Résultats obtenus		
	Total des aliments secs	Matières organi- ques di- gestibles	Nourr. empl. à la prod. de la chal. et des mou.	Fumier sec produit	Accrois- sement en poids vif
Bœufs.....	lbs. 12.5	lbs. 8.9	lbs. 3.86	lbs. 4.56	lbs. 1.13
Moutons.....	16.0	12.3	9.06	5.10	1.76
Porcs.....	27.0	22.0	12.58	6.27	6.43

**RESULTATS OBTENUS PAR RAPPORT A LA NOURRITURE
CONSOMMEE.**

	Augmentation en poids vif		sur 100 lbs d'aliments secs		
	par 100 lbs d'al- iments secs	par 100 lbs de matières organi- ques di- gérées	Nourr. consom- mée pour la prod. de la cha. et du tra- vail méc.	Fumier sec produit	Accrois- sement en poids vif
Bœufs.....	lbs. 9.0	lbs. 12.7	lbs. 54.9	lbs. 36.5	lbs. 6.2
Moutons.....	11.0	14.2	56.6	31.9	8.0
Porcs.....	23.8	29.2	46.6	23.2	17.6

On voit dans le premier de ces tableaux que le porc peut utiliser beaucoup plus de nourriture que le bœuf ou le mouton proportionnellement au poids de leur corps. Il faut attribuer cette plus grande faculté d'assimilation aux aptitudes remarquables du porc à cet égard et à la concentration et à la digestibilité des aliments dont on l'a nourri, (farine de céréales). Le bœuf ou le mouton gras ont un estomac plus considérable que le porc, eu égard à la taille de ces animaux. Ainsi, il représente 3.2 p. c. du poids vif de l'animal chez le bœuf, 2.5 chez le mouton et 0.7 chez le porc. D'un autre côté, les intestins sont relativement plus considérables chez le porc que chez le bœuf ou le mouton.

Les ruminants sont donc plus capables que le porc d'utiliser une nourriture difficile à digérer. Le porc, par contre, a un plus grand pouvoir d'assimilation.

Le porc, consommant une plus grande quantité de nourriture dans un temps déterminé, augmente plus rapidement en poids que le mouton ou le bœuf. Cette augmentation n'est pas seulement plus rapide mais, comme l'indique le tableau, elle est plus forte proportionnellement à la nourriture consommée. Le porc, tout en étant capable d'absorber une plus grande quantité de nourriture, en a peu à dépenser pour produire de la chaleur et de l'énergie ; il lui reste donc un plus large surplus à accumuler par l'engraissement. Sur 100 lbs. de matières organiques digérées, le bœuf à l'engrais en dépense environ 77 pour la production de la chaleur et du travail ; le mouton 74 et le porc 57. Cependant, d'après le premier tableau, le porc transforme en travail et en chaleur dans un temps donné et

pour un même poids vif, plus de nourriture que le mouton, et le mouton plus que le bœuf ; cela est probablement dû au travail plus actif de transformation chimique, qui s'opère dans l'organisme du porc. Le porc est le producteur de viande le plus économique de la ferme, grâce à son aptitude intense d'assimilation.

Les résultats consignés dans le tableau pour le mouton, sont intermédiaires entre ceux du bœuf et du porc ; cependant, ils se rapprochent un peu plus du premier. Le mouton, d'après les auteurs allemands, vient après le bœuf en ce qui concerne la production économique de la viande contrairement aux résultats constatés à Rothamsted. Cette divergence d'opinion provient sans doute de ce que les expériences ont été faites sur des animaux de races différentes. On étudiera au chapitre suivant les données du tableau relatives au fumier.

Jusqu'ici nous avons considéré dans son ensemble, la période d'engraissement. Cependant, le taux des consommations et des accroissements est fort différent à chacune des phases de cette période.

L'animal à l'engrais doit avoir une ration d'autant plus grande que les dimensions de son corps se développent plus ; pendant la croissance, l'estomac grandit proportionnellement aux autres parties. Lorsqu'un animal est devenu moyennement gras, il consomme moins de nourriture et la marche de l'engraissement devient moins rapide.

Le gain journalier en poids vif diminue à mesure que l'engraissement avance, et la même ration produit un accroissement moindre.

On attribue ce phénomène d'abord au fait que, pendant les dernières périodes de l'engraissement, l'accroissement se compose d'éléments plus secs et contient plus de graisse qu'au début. En second lieu, le corps augmentant en dimensions, il faut, pour la production de chaleur et de mouvement, une plus grande somme de travail intérieur. On constate plus facilement chez le porc à l'engrais que chez les autres animaux, ces variations dans le rapport entre la ration et le développement du corps, le porc s'engraissant beaucoup plus vite.

Le tableau suivant indique le résultat moyen d'une expérience faite à Rothamsted sur seize porcs tous engraisés en même temps. Ils recevaient, par tête, 7 lbs. de farine de pois par semaine et une quantité illimitée de farine d'orge. Au commencement de l'engraissement, les porcs avaient un poids moyen de 135·8 lbs. ; après dix semaines, le poids moyen était de 276·3 lbs.

PORCS A L'ENGRAIS.—CONSOMMATION HEBDOMADAIRE DE NOURRITURE ET DEGRÉ D'ACCROISSEMENT.

	Nourriture consommée.		Augmentation en poids vif.		Nourriture produisant 100 lbs. d'accroissement.
	Par tête.	Par 100 lbs. de poids vif.	Par tête.	Par 100 lbs. de poids vif.	
	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.
1re quinzaine...	60·1	39·7	15·5	10·3	386
2e " ...	67·5	36·7	17·4	9·4	388
3e " ...	66·4	30·9	13·2	6·2	502
4e " ...	66·0	27·4	12·9	5·4	511
5e " ...	69·6	26·3	11·3	4·2	618
Moyenne totale.	65·9	32·0	14·1	6·8	469

D'après ce tableau, on peut parfaitement se rendre compte des variations dans la proportion d'aliments consommés et comparer les degrés d'accroissement d'un animal pendant la période de son engraissement. Les poids indiqués sont ceux de la farine à l'état naturel et ne représentent pas de la matière sèche. Les irrégularités dans la progression des chiffres doivent être attribuées à l'appétit variable des animaux et aux conditions particulières de chacun d'eux. Durant les premières semaines de l'engraissement, les animaux augmentent en poids très rapidement. Ensuite, la marche de l'engraissement va très lentement.

Dans un chapitre précédent nous avons parlé de la composition des matériaux que l'animal accumule durant l'engraissement. La proportion des substances azotées acquises pendant l'accroissement de l'animal, est très petite. Ainsi, chez le porc, elle est seulement de 1:19 et, chez le mouton, de 1:22. Il ne faut pas conclure de ce faible acquit qu'il est suffisant de donner une nourriture contenant une dose relativement aussi pauvre d'azote, si l'on veut obtenir un engraissement rapide ; car, le corps de l'animal a besoin d'un apport constant de matières albuminoïdes pour l'entretien et le développement des tissus. En outre, une ration suffisamment riche en albuminoïdes est à la fois plus digestible et plus propre à l'engraissement qu'une alimentation pauvre en cet élément.

D'après Wolff, il faut donner au mouton à l'engrais une ration plus azotée qu'au bœuf et au porc. La relation nutritive qu'il recommande pour le mouton

est de 1:5.5 au commencement de l'engraissement et de 1:4.5 à la fin de la période. Pour les porcs à l'engrais, elle est de 1:5.5—1:6.5 à mesure que l'âge et le poids vif augmentent. Au commencement de l'engraissement du bœuf, cette relation est de 1:6.5 pour devenir ensuite 1:5.5 et, en dernier lieu, 1:6.0. Pour établir ces calculs, on a rangé les amides avec les albuminoïdes, d'où la conséquence que les relations nutritives sont trop faibles, surtout pour le bœuf et le mouton.

Mais, il a été pratiquement démontré qu'on peut réussir très bien dans l'engraissement avec des proportions d'albuminoïdes beaucoup inférieures à celles de Wolff, si les céréales entrent pour une large part dans la ration. Ainsi à Woburn, une expérience triennale a prouvé qu'on peut obtenir de très bons résultats en donnant à des moutons une ration journalière de 20 lbs. de navets, $\frac{1}{4}$ lb. de foin, et $\frac{3}{4}$ lbs. de froment, (relation nutritive de la ration : 1:18). Ces résultats sont les mêmes quand on substitue des tourteaux au froment. Cependant, pour juger de la valeur économique d'une ration, il faut tenir compte de la valeur de l'engrais qui en provient. Partant de ce point de vue, on peut conclure qu'il est à l'avantage du fermier d'engraisser ses animaux plutôt avec du tourteau qu'avec des céréales.

Comme nous l'avons déjà dit, la graisse est l'agent le plus puissant de la nourriture. Les tourteaux riches en huile trouveront donc avantageusement leur place dans la composition des rations concentrées et conviendront tout spécialement à l'alimentation d'hiver.

Durant la période d'engraissement, les animaux jeunes réclament plus d'azote que ceux adultes, parce que cet azote doit pourvoir à la formation des tissus chez les premiers.

Production de la laine — A part l'humidité et la poussière qu'on trouve toujours dans la laine, celle-ci est composée de trois éléments : le suint, la graisse et les brins de laine pure. Le suint provient de la perspiration de certaines glandes de la peau ; c'est un composé de potasse et d'un acide organique azoté très peu connu jusqu'à ce jour. Le suint est soluble dans l'eau ; il est entraîné en grande partie lorsqu'on lave les moutons avant de les tondre. Chez les moutons mérinos, le suint peut atteindre la moitié du poids de la toison non lavée. Chez les moutons de race commune, qui sont toujours à l'air libre, le suint n'atteint jamais plus que 15 p. c. du poids de la toison. Les matières grasses d'une toison lavée varient de plus de 30 p. c. à 8 p. c. et au-dessous. La laine courte et fine contient la plus grande proportion de graisse. Les brins de laine pure renferment environ 16 pour cent d'azote. Nous avons fait connaître ailleurs la quantité d'azote et de matières minérales que contiennent la laine lavée et celle non lavée.

Les moutons adultes ne donnent pas une toison sensiblement plus forte quand on les engraisse ou quand on leur donne seulement une ration d'entretien ; mieux encore, l'animal pourrait maigrir par suite d'une alimentation trop médiocre, sans que la production de la laine en soit sérieusement affectée. Toutefois, si le mouton souffre de la faim, la production de la laine

diminue d'une manière notable. Chez les agneaux, une ration libérale augmente la croissance et favorise la formation de la toison.

Les moutons élevés uniquement pour la laine peuvent ne recevoir qu'une ration pauvre ; mais comme la laine se forme en grande partie d'albuminoïdes, cette ration doit en contenir une proportion suffisante.

Production du lait.—La quantité et la qualité du lait dépendent en grande partie des dispositions individuelles de l'animal et du temps écoulé depuis la parturition. En dehors de ces influences naturelles, qualité et quantité peuvent varier beaucoup suivant l'alimentation donnée.

Pour avoir un rendement de lait maximum, il faut donner aux animaux une nourriture abondante. On doit fréquemment vérifier la quantité de lait fournie par chaque vache et augmenter ou diminuer proportionnellement la dose des aliments concentrés (tourteaux, farine de fèves, son, etc.) ; le but à atteindre est d'obtenir un rendement de lait aussi grand que possible sans engraisser l'animal. Avec l'alimentation la meilleure, on ne saurait parvenir à transformer en bonne vache laitière une vache qui ne l'est pas ; mais il est possible en donnant à la vache une nourriture appropriée pendant la période de grande lactation, de prolonger considérablement la durée de cette période avantageuse. Le fourrage vert et la drèche favorisent beaucoup la sécrétion du lait.

Le lait étant un produit hautement azoté (la relation nutritive du lait de vache est de 1:3.6,) il

faut donner à la vache, pendant la période de lactation, une nourriture très azotée, telle que l'herbe et les trèfles jeunes. Lorsque la ration est principalement composée de foin, de matières ensilées, de paille ou de racines, il est essentiel d'y ajouter des tourteaux ou de la farine de légumineuses, si l'on veut avoir un rendement de lait maximum. Le son de froment et la drèche favorisent beaucoup la sécrétion du lait : et le tableau du chapitre VII indique la haute relation nutritive de ces aliments.

Wolff donne comme la meilleure relation nutritive pour les vaches en pleine lactation, 1:5:4 : Celle généralement admise aux Etats-Unis est 1:7, et elle est atteinte par l'emploi, sur une large échelle, de l'avoine du son de froment.

Une relation nutritive variant entre 1:6 et 1:8 est donc certainement suffisante, et la plus élevée sera réservée aux vaches donnant 40 à 50 lbs. de lait par jour.

Le lait est une substance beaucoup plus azotée que la matière servant à l'accroissement des tissus d'un animal à l'engrais. La quantité d'azote contenue dans le lait d'une vache cotée à 21 gallons par semaine, est presque égale à la quantité contenue dans 100 lbs. d'accroissement d'un bœuf à l'engrais. Ce qui veut dire qu'une seule vache produit, par son lait, autant de matière azotée vendable, pendant un même espace de temps, qu'en produisent six à dix bœufs à l'engrais.

La qualité du lait dépend aussi, en grande partie, de la richesse de la ration. Une ration composée d'her-

gages aqueux ne produira qu'une quantité médiocre de lait pauvre ; si l'on ajoute à cette ration du tourteau de lin, la quantité et la qualité du lait augmenteront tous à la fois.

Les variations que subit la composition du lait par suite d'une alimentation riche ou pauvre, affectent surtout le pourcentage des solides ; le rapport de la caséine au sucre de lait en souffre peu ; c'est la matière grasse qui s'en trouve surtout modifiée.

La qualité du beurre dépend plus ou moins de la qualité des aliments, qui produisent un beurre dur ou un beurre mou suivant leur nation.

Les Danois considèrent les tourteaux de navette, l'avoine et le son de froment, comme les aliments produisant le meilleur beurre ; les tourteaux de coton et de palme, ainsi que l'orge, viennent en deuxième lieu ; les pois et le seigle sont placés au troisième rang.

Les aliments de la première catégorie donnent un beurre doux ; ceux de la troisième, un beurre dur. Pour avoir, en hiver, du beurre de première qualité, il faudra fourrager simultanément les aliments de la première et de la deuxième catégorie avec de la paille, de la balle, du foin et des racines. Lorsqu'on donne aux vaches laitières des navets en abondance, le parfum du lait et du beurre s'en ressent ; il vaut mieux, s'il est possible, leur donner des carottes et des betteraves.

CHAPITRE IX.

RAPPORT DES ALIMENTS AVEC LE FUMIER.

Quantité de fumier.—Comment la calculer.—Caractères des fumiers de cheval, de bœuf, de moutons et de porc. *La litière.*—Son pouvoir absorbant et sa composition. *Composition du fumier.*—Proportion des éléments minéraux et de l'azote dans les déjections solides et liquides. Composition des excréments de mouton, de bœuf et de vache. *Valeur des aliments sous le rapport de la production du fumier.*—Quantité d'azote et d'éléments minéraux des aliments.—Leur valeur comparée à celle des mêmes éléments dans les engrais commerciaux.—Emploi économique du fumier.

Quantité de fumier.—La quantité de déjections que peut produire un animal dépend surtout de la proportion d'éléments non digestibles qui entrent dans sa nourriture. Ainsi, la quantité de déjections d'un bœuf ou d'un mouton à l'engrais serait beaucoup plus grande si l'on remplaçait dans la ration les racines dont il est question dans le tableau du chapitre précédent par des balles de froment. Les excréments du porc seraient au contraire moins considérables si, au lieu de farine d'orge, on lui donnait des pommes de terre et du lait écrémé.

On déterminé la quantité des matières sèches contenues dans les excréments solides d'un animal au moyen du coefficient de digestibilité des aliments consommés.

D'après Wolf, la quantité de matières sèches contenue dans l'urine est environ 6 p. c. des aliments solides de la ration.

Les excréments mixtes des porcs et du bétail con-

tiennent beaucoup plus d'eau que ceux des moutons et des chevaux. Il faudra donc donner aux premiers une litière plus épaisse qu'aux derniers. D'où il résulte que le fumier des porcs et du bétail est plus volumineux et plus aqueux, et que celui des moutons et des chevaux est plus sec et plus concentré. Du fumier nouvellement fait avec une quantité minimum de paille, contient 73—80 p. c. d'eau.

La litière.—La valeur de la litière dépend, d'une part, de son pouvoir de retenir l'eau et l'ammoniaque, et d'autre part, des qualités qu'elle possède elle-même comme engrais.

QUANTITÉ D'EAU COMPRISE DANS CENT PARTIES DE
LITIÈRE.

Feuilles mortes.....	20	Sciure de bois.....	42—44
Paille.....	22—30	Tannée.....	40—50
Mousse de marécage.	38	Tourbe.....	50—80

ELEMENTS DE FUMURE COMPRIS DANS 100 PARTIES DE
LITIÈRE.

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
Feuilles mortes.	0.8	0.3	0.3
Paille.....	0.4—0.6	0.2—0.3	0.6—1.6
Mousse de marécage.....	0.8	Des traces.	Des traces.
Sciure de bois..	0.2—0.7	0.3	0.7
Tan ayant servi.	0.5—1.0	—	—
Tourbe.....	1.0—2.0	—	—

Müntz et Girard ont fait des expériences sur différentes litières qu'ils saturèrent d'abord d'une solu-



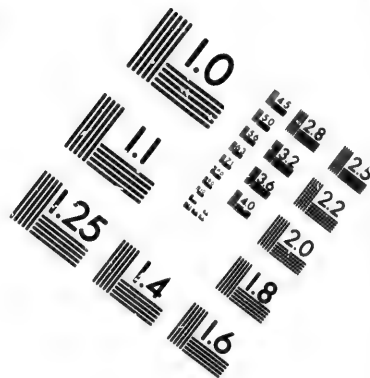
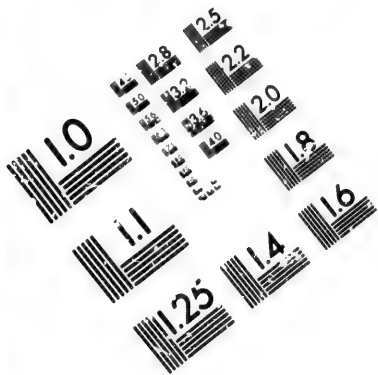
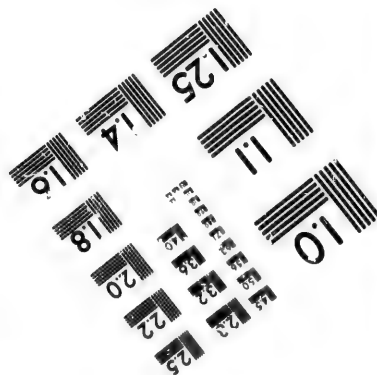
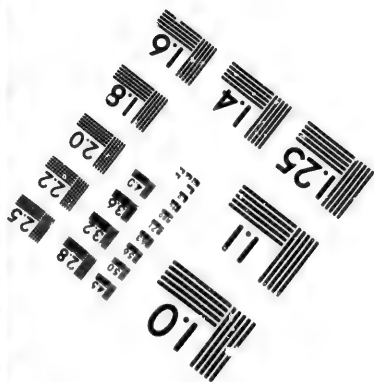
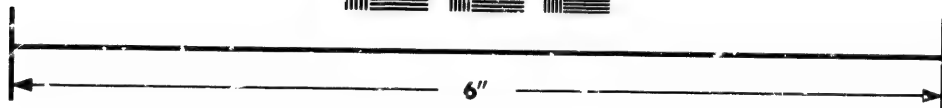
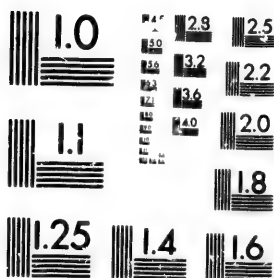


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



Photographic Sciences Corporation

**23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503**

18
20
22
25
28
32
36
40
45

10

tion de carbonate d'ammonium et firent ensuite sécher à l'air. L'ammoniaque retenue était de 10 pour la sciure de bois de pin, de 37 pour un poids égal de paille de froment, de 183 pour la mousse de marécage, et de 240 pour la tourbe pulvérisée. Le pouvoir de rétention de l'ammoniaque par ces litières a été déterminé alors qu'elles étaient parfaitement sèches. Le résultat eût été tout différent si, lors des expériences, ces substances eussent été saturées d'eau.

De toutes les litières, la tourbe est celle qui a le plus grand pouvoir absorbant, et c'est elle qui apporte aussi le plus d'éléments propres à la fumure.

Composition du fumier.—Chez un animal dont le poids reste constant, un cheval de travail, par exemple, la quantité d'azote et d'éléments minéraux des déjections représente sensiblement celle contenue dans la nourriture ; dans ce cas, la quantité d'alburinoïdes et d'éléments minéraux employés à la rénovation des tissus est égale à la quantité désassimilée. Chez l'animal en croissance, ou élevant des jeunes, ou produisant de la laine ou du lait, la quantité d'azote et d'éléments minéraux rejetés sera plus petite que celle apportée par les aliments, et la différence sera en raison directe de la quantité de ces substances employée pour la formation des produits animaux. En supposant que la nourriture soit la même pour tous, le fumier produit par les animaux de cette dernière catégorie sera donc plus pauvre que celui produit par les premiers.

La quantité d'azote qui existe dans les déjec-

tions solides, par rapport à celle que contenait la nourriture consommée, est indiquée par le coefficient de digestibilité des éléments azotés. Ainsi nous avons vu que chez le porc 75 est le coefficient de digestibilité pour les substances azotées de la farine d'orge ; il s'en suit que, sur 100 parties d'azote consommées, 25 parties seront expulsées par les excréments solides et 75 passeront dans le sang. De même, il a été dit plus haut que 500 lbs de farine d'orge contenant environ 53 lbs. de substances azotées produisent chez le porc à l'engrais une augmentation en poids de 100 lbs dans lesquelles figurent 7.8 lbs d'albuminoïdes. Il en résulte que, sur 100 lbs. d'azote consommé, 14.7 sont utilisées à la constitution du corps, 25 sont rejetées avec les excréments solides, 60.3 sous forme d'urée etc., dans les urines. De même, nous trouvons la quantité d'éléments minéraux contenus dans les déjections en déduisant les éléments minéraux utilisés à la formation des produits animaux, de ceux que la ration contenait.

On peut voir dans le tableau suivant les résultats obtenus par cette méthode, pour le bœuf, le mouton et le porc à l'engrais. Il a été supposé que ces animaux ont reçu les rations indiquées dans un tableau du chapitre précédent. La relation entre la nourriture et le fumier chez les vaches laitières a été calculée d'après des expériences faites à Rothamsted ; ces vaches avaient une ration copieuse et donnaient en moyenne 27 lbs. de lait par jour. On avait donné au cheval à l'état de repos, une ration d'entretien de 29 lbs. de foin de prairie, et au cheval fournissant du travail, 19 lbs. de foin et 10 lbs. d'avoine par jour.

**SUR CENT PARTIES D'AZOTE CONTENUES DANS LA
RATION, PROPORTION TRANSFORMÉE EN PRO-
DUITS ANIMAUX ET PROPORTION REJETÉE
DANS LES DÉJECTIONS.**

	Transformé en poids vif ou en lait.	Rejeté sous forme d'excréments solides.	Rejeté sous forme d'excréments liq. uides.	Dans les déjections totales.
Cheval de garde.	Rien.	43.0	57.0	100
" de travail.	Rien.	29.4	70.6	100
Bœuf à l'engrais	3.9	22.6	73.5	96.1
Moutons "	4.3	16.7	79.0	95.1
Porcs "	24.7	25.0	60.3	85.3
Vaches laitières.	24.5	18.1	57.4	75.5
Veau engraisé au lait.....	69.3	5.1	25.6	30.7

**SUR CENT PARTIES D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX CONSOM-
MÉS DANS LA RATION, PROPORTION DE CES
ÉLÉMENTS TRANSFORMÉE EN PRODUITS
ANIMAUX ET PROPORTION REJETÉE
DANS LES DÉJECTIONS.**

	Utilisés à l'augmentation du poids vif ou du lait.	Rejetés dans les excré- ments ou par la transpira- tion.
Cheval.....	Rien	100
bœuf à l'engrais.....	2.3	97.7
Moutons.....	3.8	96.2
Porcs.....	4.0	96.0
Vaches laitières.....	10.3	89.7
Veau engraisé au lait.....	54.3	45.7

La proportion des éléments minéraux, provenant de la nourriture, emmagasinés dans le corps d'un animal, est ordinairement très petite. Chez les bêtes à l'engrais, 96 pour cent et même plus de ces éléments minéraux

sont expulsés avec les excréments ; cette proportion est beaucoup moindre chez les jeunes animaux.

Chez les bœufs et les moutons à l'engrais et chez les chevaux, plus de 95 p. c. de l'azote de la nourriture sont retrouvés dans le fumier. Le porc utilise une proportion plus grande de l'azote apporté par les aliments ; on n'en retrouve qu'environ 85 p. c. dans les déjections. Dans le fumier des vaches laitières, on retrouve seulement 75 p. c. de l'azote de la nourriture consommée, et dans celui des veaux nourris avec du lait, il n'en n'existe que 30 p. c. Si les animaux reçoivent une ration renfermant moins d'albuminoïdes, la proportion d'azote du fumier est moindre.

La quantité d'azote qu'on retrouve dans les urines est toujours plus grande que celle des déjections solides. Cette proportion varie d'après la nature des rations. Si la nourriture est azotée et facile à digérer, il y aura beaucoup plus d'azote dans l'urine ; si, au contraire, la nourriture est difficile à digérer, la proportion d'azote l'emportera dans les excréments solides. Lorsqu'on fourrage aux chevaux du foin de mauvaise qualité, il y aura plus d'azote dans les excréments solides que dans les déjections liquides. Si, au contraire on donne aux animaux des grains, ou des tourteaux, la quantité d'azote des urines sera beaucoup plus grande.

Les éléments minéraux sont très différemment répartis dans les excréments solides et dans l'urine ; les premiers contiennent presque tout l'acide phosphorique et la plus grande partie de la chaux et de la magnésie ; dans l'urine, au contraire, c'est la potasse qui domine. L'urine du cheval fait exception à cette règle, car

elle contient une proportion plus grande de chaux. Lorsqu'on fourrage des aliments très riches en acide phosphorique et pauvres en chaux, on retrouve une partie de l'acide phosphorique dans l'urine. Les déjections liquides de porcs, nourris avec des pommes de terre, des pois et du lait, contenaient plus de 5 p. c. de l'acide phosphorique. Chez les moutons et les chevaux et plus ou moins, sans doute, chez d'autres animaux, une partie de la potasse est excrétée par transpiration.

Les tableaux suivants indiquent la composition générale des excréments solides et des urines. Aux moutons on avait fourragé du foin de prairie, aux bœufs du foin de trèfle et de la paille d'avoine, avec environ 8 lbs. de fèves par jour; et l'on avait donné aux vaches, dans une première expérience, 154 lbs. de betteraves, et, dans une seconde, 26 lbs. de foin de luzerne et 66 lbs. d'eau par jour.

**COMPOSITION CENTESIMALE DES EXCREMENTS SOLIDES
ET LIQUIDES.**

1. MOUTONS NOURRIS AVEC DU FOIN.

	Excréments solides		Urine.	
	Frais.	Secs.	Frais.	Sec.
Eau.....	66.2	89.6	85.7	61.0
Matières organiques...	30.3	10.4	8.7	39.0
Cendres.....	3.5		5.6	
Azote.....	0.7	2.0	1.4	9.6

2. BŒUFS RECEVANT DES ALIMENTS AZOTÉS.

	Excréments solides		Urine.	
	Frais.	Secs.	Frais.	Sec.
Eau.....	86.3	..	94.1	
Matières organiques...	12.3	89.7	3.7	63.0
Cendres.....	1.4	10.3	2.2	37.0
Azote.....	0.3	1.9	1.2	20.6

3. VACHES NOURRIES AVEC DES BETTERAVES ET DU FOIN DE LUZERNE.

	Betteraves.		Foin de luzerne.	
	Excréments solides.	Excréments liquides.	Excréments solides.	Excréments liquides.
Fumier frais par four..	lbs. 42	lbs. 88	lbs. 48	lbs. 14
	Pour cent	Pour cent	Pour cent	Pour cent
Eau.	83.00	95.940	79.70	88.290
Azote.....	.33	.124	.34	1.540
Acide phosphorique...	.24	.041	.16	.006
Potasse.....	.14	.597	.23	1.690

Les tableaux 2 et 3 mettent en évidence la grande influence que le genre d'alimentation exerce sur la qualité et la quantité du fumier ; elle se voit surtout dans les urines.

La richesse de l'urine en éléments minéraux et en azote est évidente dans tous les cas. La matière sèche de l'urine des bœufs parfaitement gras, contient 20 p. c. d'azote.

Valeur du fumier d'après les aliments que l'on produit.—La valeur relative du fumier provenant d'aliments différents dépend de la richesse de ces aliments en éléments minéraux et surtout en azote, ce dernier étant l'élément qui se vend le plus cher dans le commerce. On peut voir dans le tableau suivant quelles sont les quantités moyennes d'azote et des deux principes minéraux les plus importants renfermés dans les aliments. La valeur relative comme engrais de chaque aliment a été établie d'après les prix courants des éléments minéraux, prix sujets aux fluctuations du commerce.

**MATIERES CONSTITUANTES DES ENGRAIS ET VALEUR
RELATIVE DES FOURRAGES ORDINAIRES SOUS
LE RAPPORT DE LA PRODUCTION DU
FUMIER.**

	Dans 1,000 parties de fourrages.				Valeur relative comme engrais.
	Matieres seches.	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.	
Tourteaux de coton (dé- cortiqués).....	918	72.0	32.5	15.8	1,000
Tourteaux d'arachide..	893	76.2	20.0	15.0	1,008
Tourteaux de graines de navet	900	49.6	20.0	13.0	689
Tourteaux de lin.....	883	44.8	16.2	12.5	620
Tourteaux de coton (non décortiqués).....	875	35.2	25.8	16.1	550
Graine de lin.....	908	36.1	13.9	10.3	503
Farine de palme.....	896	26.9	11.0	5.0	366
Fèves.....	857	40.7	12.0	12.9	561
Pois.....	860	36.0	8.4	10.1	485
Déchets de malteries (touraillons).....	900	37.9	18.2	20.8	578
Drèches (Sèches).....	905	33.0	16.1	2.0	441
Son de froment.....	868	22.6	26.9	15.2	402
Farine de riz.....	897	19.7	26.7	7.1	336
Froment.....	866	18.7	8.0	5.3	263
Seigle.....	866	18.3	8.6	5.8	262
Avoine.....	870	18.1	6.9	4.8	251
Orge.....	857	17.0	7.9	4.8	241
Maïs.....	890	16.6	5.7	3.7	225
Drèches (fraîches).....	238	8.1	4.2	0.5	109
Foin de trèfle (moyen)..	837	21.8	5.6	18.9	345
Foin de prairie (moyen)	863	14.7	4.1	13.2	235
Fanes de fèves.....	816	13.0	2.7	18.7	232
Paille d'avoine.....	855	6.4	2.8	17.7	152
Paille d'orge.....	858	5.6	2.0	10.6	112
Paille de froment.....	864	4.8	2.2	6.9	87
Pommes de terre.....	250	3.4	1.6	5.7	67
Betteraves.....	120	2.0	0.8	4.8	44
Carottes.....	130	2.0	0.9	2.6	36
Choux de Siam.....	107	2.2	0.6	2.0	35
Navets.....	85	1.6	0.9	3.4	34

Comme on voit, la valeur des divers aliments comme engrais est très différente. Une tonne de tourteaux de coton décortiqués contient environ quatre fois autant d'azote qu'une tonne de froment, d'orge ou de maïs, et trente-six fois autant qu'une tonne de betteraves des champs.

Les tourteaux produisent le fumier le plus riche, parce qu'ils contiennent la plus grande quantité d'azote, d'acide phosphorique et beaucoup de potasse. Viennent, après les tourteaux, les graines de légumineuses, les déchets de malterie (touraillons) et les sons. Les graines de céréales produisent un fumier moins riche que celui du foin de trèfle, mais qui est supérieur à celui du foin de prairie. La matière sèche des graines de céréales et des plantes racines contient à peu près la même proportion d'azote ; mais les racines sont beaucoup plus riches en potasse.

La valeur comme engrais des patates est inférieure à celle des plantes racines, si l'on prend pour base la matière sèche. Sur cette même base, la paille de froment doit être rangée en dernière ligne. Les fanes de fèves et de pois ont une valeur de beaucoup supérieure à celle de la paille des céréales. Le mode le plus économique de se procurer un fumier riche en azote consiste le plus souvent à donner au bétail des aliments fortement azotés tels que les tourteaux de coton décortiqué.

Les éléments minéraux contenus dans les déjections animales, ont probablement la même valeur vénale que ceux fournis par les engrais commerciaux, mais l'azote des déjections a une valeur moindre que celui existant dans les sels ammoniacaux et le nitrate de soude. La

matière azotée de l'urine (urée) est rapidement convertie en carbonate d'ammoniaque par certaines bactéries de l'atmosphère et du sol ; ce carbonate d'ammoniaque est ensuite converti dans le sol, en nitrate. Si ces changements pouvaient s'opérer sans perte, l'azote de l'urine aurait une valeur égale à celle de l'azote des sels ammoniacaux ou des nitrates de soude ; mais, par suite de la volatilité du carbonate d'ammoniaque, des pertes considérables se produisent pendant la décomposition de l'urine.

L'azote des excréments solides n'existe pas sous une forme assimilable par les plantes ; il doit d'abord être converti en nitrates dans le sol. Lawes et Gilbert, tenant compte des pertes subies par le fumier pendant sa préparation et de la lenteur avec laquelle il exerce son action, estiment que l'azote, l'acide phosphorique et la potasse des déjections ont, pécuniairement, moitié moins de valeur que les mêmes quantités fournies par les engrais artificiels.

Le fumier incorporé au sol, au sortir de l'étable, est plus immédiatement utilisable par les végétaux que s'il a préalablement fermenté sur le tas. Dans cette fermentation avec la litière, l'ammoniaque se combine avec certaines matières carbonées d'où résultent des composés peu solubles et dont la décomposition dans le sol se fait très lentement.

L'épandage du fumier, tel qu'il est fait par les animaux eux-mêmes mis au champ, présente certains avantages. Mais la distribution à la surface est irrégulière ; et ce système pratiqué en automne et en hiver expose à l'entraînement des nitrates par le drainage.

Le meilleur mode serait, sans aucun doute, d'appliquer l'engrais liquide sur les plantes en cours de végétation. Mais en hiver, le recours à la litière, et par suite la formation du "fumier de ferme", devient une nécessité ; et c'est en somme, le meilleur procédé à suivre.

Nous avons traité de la composition générale du fumier de ferme et de sa préparation, au chapitre III.

CHAPITRE X.

LA LAITERIE.

Lait.—Sa composition.—Circonstances qui en modifient la richesse.
—Influence de la race. *Coagulation.*—Le travail des bactéries.
—*Crème.*—Les globules de graisse.—Méthodes d'écémage.—
Composition de la crème.—Maturité de la crème.—*Lait
écémé.*—Sa composition dans diverses circonstances.—*Beurre.*
Barattage.—Produits du lait consommé, à la ferme.—Compo-
sition du beurre.—*Lait de beurre.*—Sa composition.—*Fromage.*
—Présure.—Fabrication du fromage.—Composition du fro-
mage.—*Petit lait.*—Sa composition.—Couleur.—Sa nature et
son emploi.—Nécessité d'une stricte propreté.

Lait.—Au chapitre VIII, nous avons fait con-
naître la composition générale du colostrum et du lait
de vache ordinaire.

Le *poids spécifique* du lait est de 1.032. Il
varie de 1.028 à 1.035.

Cette indication ne saurait indiquer d'une manière
certaine la qualité du lait parce que, d'une part, le lait
écémé augmente en densité et d'autre part, on peut
rétablir le poids spécifique normal du lait en y ajoutant
de l'eau.

Les *albuminoïdes* du lait sont surtout formés de
deux substances de composition analogue, la caséine et
l'albumine. La caséine peut être coagulée au moyen
d'acides ou de présure et non par ébullition. L'albu-
mine au contraire ne se coagule ni par la présure ni par
des acides liquides, mais sous l'action de la chaleur. Le
colostrum étant très riche en albumine, se coagule par
l'ébullition. Dans le lait ordinaire, l'albumine forme

environ 2 pour cent du total des albuminoïdes ; cette proportion est plus ou moins variable.

Les glycérides palmitique et oléique constituent en grande partie les matières grasses du lait. On rencontre aussi dans le lait, mais en faible quantité, les glycérides des acides stéarique, myristique, laurique, caprique, caprylique, caproïque, et butyrique.

Les quatre derniers de ces acides, s'ils sont à l'état libre, sont plus ou moins solubles dans l'eau. Les glycérides de l'acide oléique et des acides gras solubles sont des graisses liquides aux températures ordinaires ; les autres graisses sont solides. La proportion des matières grasses solides et liquides varie avec la ration et les conditions dans lesquelles se trouve l'animal ; ainsi, en été, la proportion des graisses liquides est plus grande qu'en hiver.

On appelle *lactose* ou sucre de lait, le sucre contenu dans le lait. Le sucre de lait n'existe pas dans les aliments végétaux donnés à la vache.

Mais, parmi ces aliments, il en est qui fournissent de la galactose, d'autres de la dextrose, et l'on suppose que ces deux substances se combinent dans le corps de l'animal pour former de la lactose, car cette dernière peut précisément se décomposer en galactose et en dextrose.

La composition du lait est soumise à des influences nombreuses qui peuvent faire varier entre 10 et 16 pour cent la proportion de sa matière sèche. Cette variation atteint surtout la graisse, tandis que le rapport des autres aliments se maintient constamment entre 8.4 et 10 pour cent.

Une vache est en pleine lactation depuis la deuxième semaine jusqu'à la septième après le vêlage. Après cette période, la quantité de lait diminue tandis que la proportion de graisse et de caséine augmente.

C'est au printemps que le lait est le plus pauvre, et il atteint son maximum de richesse en novembre.

Sa composition n'est pas la même aux différentes heures du jour ; elle se modifie d'après l'heure des repas et les conditions de la traite. La traite du soir donne moins de lait, mais il est beaucoup plus riche habituellement, que celui du matin.

En toutes ces circonstances, c'est, ainsi que nous l'avons dit, la graisse qui subit les plus grands écarts ; les autres substances varient dans le même sens qu'elle, mais dans des proportions bien moindres. On pourrait poser en principe que le lait est d'autant plus pauvre qu'il est plus abondant, et que, réciproquement il devient plus riche à mesure que sa quantité diminue.

Dans le pis, la crème s'isole des autres composants. Au début de la traite, le lait est très peu gras ; il le devient davantage à mesure que l'opération avance, et le dernier lait tiré renferme deux ou trois fois plus de graisse que tout le reste.

Le lait des vaches âgées est, dit-on, plus pauvre que celui des jeunes bêtes.

La richesse du lait dépend beaucoup aussi de la " race " et, ici encore, c'est la proportion de graisse qui est surtout atteinte.

La Jersey donne le lait le plus riche avec une moyenne de 5 à 6 pour cent de graisse ; viennent ensuite la Guernesey et la Kerry. La Holstein est remarquable par la grande quantité de lait qu'elle fournit.

Il est de toute évidence que pour produire économiquement du beurre ou du fromage, il faut choisir les espèces de vaches qui conviennent. Pour le beurre, on recherchera les vaches donnant le lait le plus gras ; on obtiendra alors le maximum de beurre pour la même quantité d'aliments dépensés.

Ainsi, si une vache produit annuellement 6,000 lbs. de lait avec lesquelles on fabrique 300 lbs. de beurre, et si une autre fournit 9,000 lbs. rendant également 300 lbs. de beurre, il est clair que la première vache donnera plus de profit que la seconde ; car indépendamment du supplément de main-d'œuvre résultant du maniement de 9,000 lbs. de lait au lieu de 6,000 lbs., la deuxième bête aura exigé presque la moitié plus de nourriture pour produire inutilement du sucre et de l'azote.

Nous avons déjà étudié au chapitre VIII l'influence de la ration sur la production du lait et du beurre.

Coagulation.—L'acidité ordinaire du lait est produite par différentes espèces de " bactéries " qui, durant leur croissance, convertissent le sucre de lait en acide lactique ; cette acidification a pour effet la coagulation

de la caséine. Plus la température est élevée moins il faut d'acide pour amener le caillage.

Le lait se coagule aussi sous l'influence d'autres familles de bactéries, acidifiant peu ou point le lait, mais formant une sorte de présure.

Une troisième série de micro-organismes produisent des ferments différents qui attaquent les albuminoïdes du lait.

La présence de ces bactéries cause parfois de grandes difficultés dans le travail de laiterie et provoque, en maintes circonstances, ce qu'on est convenu d'appeler " les maladies " du lait.

Pour enrayer le développement des micro-organismes, il suffit de refroidir le lait pendant que la crème monte ; on arrive au même résultat par l'emploi de la machine centrifuge qui sépare presque instantanément la crème.

Toutes les bactéries sont détruites à la température de l'eau bouillante ; beaucoup même succombent par une exposition prolongée à une température de 140° Fahr.

Le lait débarrassé des micro-organismes se conserve sans altération.

La crème.—La graisse du lait se présente sous forme de globules dont les plus volumineux ont un diamètre variant de 0.0005 à 0.0006 de pouce ; le diamètre des plus petits est dix fois moindre.

La dimension moyenne de ces globules varie suivant les races : ainsi, ils sont beaucoup plus gros dans le lait de la vache Jersey et de la Guernesey, que dans celui des Ayrshires et des Holstein ; ils ont un volume intermédiaire chez les vaches Devon et les Shortorn. Le nombre des gros globules diminue à mesure que l'époque de la parturition s'éloigne. Les globules de graisse ayant un poids spécifique moindre que le serum dans lequel ils sont en suspension, tendent à monter à la surface, où ils forment une couche ; c'est la crème. Les plus gros globules montent d'abord, les plus petits ensuite, mais jamais en totalité. Le lait, qui contient abondance de gros globules, convient surtout pour la fabrication du beurre parce que sa crème monte vite et complètement. Peut-être le lait à petits globules est-il préférable pour la fabrication du fromage, la graisse étant ainsi mieux distribuée dans le caillé.

Au sortir du pis, le lait possède une température d'environ 90° Farh (32° C.) Dans l'intérêt de la crème, il faut refroidir le lait immédiatement, parce que, à une température élevée, sa composition s'altère rapidement. Pour faire monter la crème, on dispose souvent le lait dans des vases peu profonds, de manière à ce qu'il occupe seulement une hauteur de 3 pouces. On laisse ainsi le lait en repos pendant trente-six ou quarante-huit heures, laps de temps suffisant pour séparer la crème. De cette manière, le lait est exposé par une très grande surface aux influences de l'air atmosphérique, aux bactéries et aux moisissures que contient ce dernier et le liquide subit une prompte altération : La décomposition d'une partie des albuminoïdes et des graisses a

lieu ; il se produit de l'acide lactique et il se fait une coagulation partielle du lait. La crème obtenue de cette façon est souillée de lait caillé et contient plusieurs produits de décomposition ; elle a une saveur et une odeur fortement prononcées, qui nuisent à la qualité du beurre.

Une méthode préférable consiste à mettre le lait dans des seaux en métal, profonds de 15 pouces que l'on entoure d'eau froide et de glace. La crème monte rapidement et peut être obtenue au bout de vingt-quatre heures. Par ce procédé, le lait se trouve maintenu à une basse température qui réduit au minimum l'influence des agents chimiques et la crème est absolument douce et exempte de lait caillé. Il arrive que le lait soumis à une basse température, ne produit pas de crème. Cette particularité se présente surtout pour des vaches soumises à la ration d'hiver et dont le vêlage remonte à une date très reculée (c'est-à-dire quand le volume des globules est des plus réduits).

On peut encore séparer la crème en soumettant le lait à un mouvement rotatoire horizontal très rapide dans une machine centrifuge. Les globules de graisse se massent au centre de la masse liquide en révolution. Dans la machine Laval, le lait frais, à la température d'environ 84° Fahr, est immédiatement séparé en deux : la crème s'écoule par un tube situé à la partie supérieure de l'appareil, et le lait écrémé s'en va par un autre tube disposé sur le côté. La crème et le lait écrémé ainsi obtenus, sont tous les deux parfaitement doux. La séparation de la crème s'opère d'une façon beaucoup plus complète, au moyen de la machine

centrifuge, que par tout autre procédé. Environ 80 pour cent de la graisse du lait sont obtenus par la méthode d'écémage ordinaire, tandis qu'une bonne centrifuge en donne 95 pour cent et plus. Il en résulte que l'emploi de cette machine permet de tirer du lait, plus de beurre que tout autre mode de séparation.

La composition de la crème varie beaucoup suivant le procédé dont on s'est servi pour l'obtenir. Le volume de crème obtenue est toujours plus grand à une basse température ; et il doit être tenu compte de ce fait lorsqu'on veut apprécier les indications fournies par le crémomètre.

Lorsqu'on emploie de la glace, la crème contient environ 20 p. c. de gras. Le procédé ordinaire dans des vases peu profonds donne 15 à 40 p. c. de gras. La crème séparée au moyen des machines centrifuges varie beaucoup de qualité suivant le système employé ; elle peut contenir plus de 50 p. c. de matières grasses ou bien en être très pauvre. En moyenne, la crème maigre renferme 15 à 20 pour cent de gras, et la crème épaisse 25 à 35 pour cent. Il n'y a jamais beaucoup de caséine dans la crème ; les autres éléments du lait y sont aussi en très petite quantité. Toutefois, dans la crème douce, la quantité de caséine peut s'élever au dixième des matières grasses. Il existe aussi une proportion de caséine plus grande, dans la crème obtenue avec du lait partiellement coagulé.

Lait écrémé. — Quand le lait a été écrémé par le procédé ordinaire, dans des récipients évasés, il renferme encore environ 0·8 pour cent de gras, et

souvent même davantage. En faisant usage de la glace, le taux de gras laissé dans le lait baisse à 0·7 ou 0·5 ; avec la machine centrifuge, le taux n'est plus que de 0·0 à 0·1. Dans des expériences à Genève, E. U., pendant lesquelles on se servait de vases profonds pour le montage de la crème, on a constaté qu'il restait dans le lait des Holstein deux fois plus de graisse que dans celui des vaches Guernesey et Jersey ; cela résulte de la difficulté que les globules graisseux éprouvent à monter dans le lait de la Holstein, à cause de leur petit volume. Le lait écrémé par le procédé ordinaire est composé à peu près comme suit : eau, 90·0 ; albuminoïdes 3·6 ; graisse 0·8 ; sucre 4·9 ; cendres, 0·7. Sa densité varie de 1·034 à 1·037. Le lait écrémé constitue un aliment très azoté ; la relation nutritive en est très élevée : elle est de 1 : 1·8.

Le Beurre.—La fabrication du beurre consiste dans la réunion des globules de gras qui se trouvent épars dans le lait et dans la crème. Toutefois, l'objet de cette fabrication ne doit pas être la production d'une masse solide de graisse. Il faut tâcher d'avoir un produit ayant du grain, de la texture et qui ne soit ni trop dur, ni trop mou. Afin d'arriver à ce résultat, il faut exécuter un barattage soigné à une température convenable. Si la température de la crème est trop basse, le beurre se formera lentement et sera dur. Si, au contraire, la température est élevée, le beurre se formera rapidement mais il sera d'une nature huileuse, sans grain et sans texture, la quantité de beurre est aussi moindre. On ne saurait fixer, d'une manière absolument positive, la température la plus favorable au barattage,

parce que la proportion des matières grasses solides et liquides contenues dans le lait varie avec la ration donnée aux vaches. Une chose qu'on admet sans discussion est que la température devra être plus élevée en hiver qu'en été ; elle doit être aussi plus élevée pour une crème sure que pour une crème douce. En règle générale, on bat la crème ou le lait doux à une température de 52° à 55° Fahr. et la crème ou le lait aigre à une température de 4 ou 5 degrés plus élevée.

Pendant le barattage, la température du lait doit être environ de 65° Fahr. La crème grasse doit être barattée à une température moins élevée que la crème maigre, et il en reste moins dans le lait de beurre.

Pour connaître le degré de chaleur le plus convenable à la fabrication, on notera, plusieurs jours de suite, la température du lait pendant que l'on opérera, et en même temps, la durée du barattage et la quantité et la qualité du beurre obtenu ; il est facile alors avec un peu d'expérience, de déduire le degré de chaleur à adopter. On n'oubliera pas que la température de la masse monte de plusieurs degrés pendant la fabrication.

On a inventé récemment des barattes à force centrifuge qui font le beurre en un temps très court et qui permettent de ne plus se préoccuper de la température.

Il faut arrêter le barattage quand le beurre s'est formé en grains fins ; en barattant trop longtemps, la texture du produit en souffrirait. Le beurre est alors séparé du lait battu puis lavé à l'eau froide et laissé en repos pour qu'il devienne ferme. On le travaille ensuite

avec soin et on le presse pour en expulser l'eau ; si cette manipulation se prolongeait outre mesure, ce serait au détriment du grain, et le beurre deviendrait huileux.

Le beurre fait avec de la crème douce se conserve bien mieux que celui provenant de crème aigre, car ce dernier garde toujours du caillé qui est une cause d'altération. Le moyen le plus sûr pour conserver le beurre est d'y ajouter du sel.

Lorsque le barattage a été bien fait, 96 pour cent de la graisse contenue dans la crème, passe dans le beurre. Des expériences faites à Genève, E. U., ont donné les résultats ci-après :

Espèces de vaches.	Sur 100 parties de matières grasses contenues dans le lait.			
	91 parties ont été transformées en beurre			
Guernesey.....	89.1	"	"	"
Jersey.....	89.1	"	"	"
Holderness.....	83.6	"	"	"
Devon.....	82.3	"	"	"
Ayrshire.....	79.1	"	"	"
Holstein.....	74.6	"	"	"

Le beurre d'excellente qualité renferme toujours au moins 10 pour cent d'eau et 0.5 pour cent de caséine.

La composition moyenne du beurre frais ordinaire est :

Eau 11 à 15 pour cent.

Matières grasses 80 à 88 pour cent.

Caséine 0.6 à 1.0 pour cent.

Sucre de lait 0.2 à 0.7 pour cent.

Cendres 0·1 à 0·3 pour cent.

La proportion de cendres dépend surtout de la quantité de sel ajouté.

Environ 6 pour cent des acides gras du beurre deviennent solubles dans l'eau, quand on les sépare de la glycérine avec laquelle ils se trouvent en combinaison. Ce fait permet de distinguer le beurre des autres graisses animales, ces dernières ne contenant aucun acide susceptible de devenir soluble.

Le beurre devient rance lorsqu'il y a décomposition partielle des glycérides des acides gras ; dans ce cas, les acides sont mis en liberté.

L'odeur et la saveur particulières au beurre rance sont surtout dues à l'acide butyrique devenu libre.

Le lait de Beurre.—Le liquide qui reste dans la baratte quand le beurre se sépare de la crème, est de composition très variable. Après un bon barattage, la graisse contenue dans le lait de beurre est réduite à 0, 3 p. c. La composition centésimale du lait de beurre ordinaire s'établit à peu près comme suit : eau, 90, 3 ; albuminoïdes 4, 0 ; graisses 1. 1 ; sucre 4·1 ; cendres 0·7 p. c. La relation nutritive serait donc 1: 1·6.

Fromage.—Le fromage se forme par suite de l'action que la présure exerce sur le lait. La présure est obtenue au moyen du quatrième estomac du veau avec de l'eau contenant 5 p. c. de sel ordinaire. Le pouvoir de coagulation de cette substance est attribué à un ferment qui joue un rôle identique dans le processus de la digestion du veau. La présure précipite la caséine, et le lait se coagule ; les globules de gras sont en même

temps séparés et englobés dans le coagulum. L'effet de la présure est très lent sur du lait froid ; elle agit plus activement à une température de 98 Fahr. ; au-delà de ce point, son action diminue rapidement et, à 130 Fahr., elle cesse complètement. La présure, en faisant coaguler le lait l'aigrit légèrement ; il ne faut pas en conclure cependant qu'il faut absolument de l'acide (acide lactique) pour faire coaguler le lait.

La composition du lait a une influence très grande sur la composition du fromage. Ainsi, du lait frais donne un fromage plus gras dont on peut augmenter encore la qualité par l'addition d'une certaine quantité de crème ; de cette manière on obtient du fromage très riche. Les fromages pauvres sont faits avec du lait totalement ou partiellement écrémé.

La température à laquelle on fait coaguler le lait joue un grand rôle. Si elle est trop basse, le caillé est mou et l'on a beaucoup de difficulté à séparer le petit lait ; si, au contraire, la température est trop élevée le coagulum devient dur et sec, il se contracte.

La température varie entre 75° à 90° Fahr. pour les diverses sortes de fromages : celle que l'on observe le plus généralement est entre 80 et 86.

Lorsque le caillé est suffisamment consistant, on le coupe dans tous les sens afin de faire écouler le petit lait. Parfois on lave avec du petit lait chaud, le caillé ainsi coupé par tranches, pour le rendre plus ferme ; mais il ne faut pas que la température dépasse 100° Fahr. Afin d'éliminer plus complètement les dernières traces de petit lait, on passe à la presse le coagulum

drainé et divisé ; on le pulvérise ensuite dans un moulin, puis on le sale et on le repasse dans le moulin, après quoi il est prêt à être mis en meule. D'après Volcker, le coagulum doit contenir environ 54 p. c. d'eau, lorsqu'on le dépose dans les moules, si l'on veut faire du fromage mince ; si l'on fait du fromage plus gros, il doit seulement contenir 45 p. c. d'eau. Du coagulum fait avec du lait écrémé contient beaucoup plus d'eau qu'un autre riche en crème. Il faut soumettre à une pression graduelle pendant plusieurs jours, les moules remplis de coagulum. Enfin, on sort le fromage des moules pour le faire mûrir dans une chambre destinée à cet effet.

Le tableau suivant montre la quantité moyenne de fromage frais et de petit lait obtenu avec 100 lbs. de lait, dans une fabrique de fromage américaine.

	Produits Totaux	Eau	Albumi- noïdes	Graisse	Sucre etc.
	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.	lbs.
Fromage.....	10.14	3.72	2.38	3.42	0.62
Petit lait.....	89.86	83.61	0.76	0.93	5.16
Lait.....	100.00	87.33	3.14	3.75	6.78

Plus la période de lactation avance, plus est grande la proportion de fromage que l'on peut faire avec un même poids de lait, par suite de la richesse plus grande du lait en caséine et en crème. Si l'on prend des précautions, il ne restera pas plus de gras dans le petit lait, que l'on ait employé du lait riche ou du lait pauvre.

Une chaleur modérée convient le mieux à la maturation du fromage ; la meilleure température est d'environ 65 à 70 Fahr. Le fromage perd une certaine quantité d'eau pendant la maturation ; les fromages maigres en perdent le plus. Le poids du fromage diminue par l'altération et l'apparition des moisissures ; car la caséine et la graisse se décomposent sous l'action des organismes, et il se produit une variété d'autres produits, dont notamment de l'acide carbonique et de l'ammoniaque. On croyait autrefois qu'il se formait dans le fromage de la graisse pendant la maturation ; c'est une erreur dont on est revenu aujourd'hui. Les causes qui influent le plus sur les qualités du fromage sont la richesse du lait employé et sa douceur ou son acidité ; la proportion de présure dont on s'est servi ; la température au moment de la coagulation ; le découpage du caillé et les manipulations dont il a été l'objet ; la température de la chambre de maturation ; enfin, l'âge même du fromage.

Du fromage très riche, du Shilton vieux, par exemple peut contenir 20 p. c. d'eau, 44 p. c. de graisse et 29 p. c. de caséine. Du bon Cheddar, contient environ 33 p. c. d'eau, 33 p. c. de graisse, 28 p. c. de caséine et 3 à 4 p. c. d'éléments minéraux dont la moitié consiste en sel ordinaire. Le fromage fait avec du lait écrémé renferme plus d'eau et moins de graisse. Ainsi, un fromage pauvre de Gloucester, peut contenir, 38 p. c. d'eau, 22 p. c. de graisse et 31 p. c. de caséine. En Danemark, avec le lait qui a été complètement écrémé par l'emploi de la glace, on fabrique des fromages renfermant seulement 4 à 5 p. c. de graisse.

Petit lait.—Le petit lait expulsé du coagulum pendant la fabrication du fromage est un liquide parfaitement transparent ayant gardé en dissolution le sucre et l'albumine qui existaient dans le lait ; on n'y trouve que des traces de graisse. Mais, si le lait dont on s'est servi était riche, si l'on a travaillé trop rudement le caillé, enfin si l'on a opéré à une température trop élevée, le petit lait retiendra une quantité notable de gras, au détriment du fromage. S'il arrive que le petit lait contient beaucoup de gras, on le laisse au repos et le beurre monte à la surface. On ajoute ce gras au prochain barattage.

La composition du petit lait s'établit à peu près comme suit : eau 93·4 ; albuminoïdes, 0·8 ; graisse, 0·3 ; sucre et acide lactique, 4·9 ; éléments minéraux 0·6. La relation nutritive est 1 : 6·4.

Couleur.—Elle est souvent préparée avec l'enveloppe des graines du *Bixa Orellana*. La matière, qui produit une couleur orange, est soluble dans l'alcali et dans l'huile. Pour colorer le beurre avec cette substance, on en ajoute une petite quantité à la crème avant de la baratter. Pour colorer le fromage, il faut verser la couleur dans le lait avant d'y mettre la présure.

Propreté.—Pour toutes les opérations qui se font dans la laiterie, la plus minutieuse propreté doit être observée. Il faut laver à l'eau chaude, aussitôt après s'en être servi, tous les vases ayant contenu du lait, afin de détruire les organismes qui peuvent y adhérer. Ces soins de propreté sont essentiels à la fabrication du bon beurre et du bon fromage.

INDEX.

—00—

Absorbant, pouvoir du sol.....	48
Absorption des aliments.....	122, 123
Accumulation de nourriture dans les plantes.....	22, 23
Acide butyrique.....	198
— carbonique de l'air.....	25
— — du sol.....	45
— nitrique dans l'air.....	26
— — la pluie.....	26
— phosphorique, absorption par le sol.....	49
— — contenu dans les produits animaux.....	115
— — — récoltes.....	78, 79
— — — aliments.....	193
— — — engrais.....	63, 64, 65, 66
— — — le sol.....	43, 44, 50
— — pertes pendant la rotation.....	105, 106
— contenu dans les plantes.....	9, 16
Agneau.....	113, 114, 115
Albumine du colostrum et du lait.....	197
— sa valeur pour la production de la chaleur.....	152
— — — du travail.....	172
Albuminoïdes des animaux.....	112
— — aliments.....	119, 126, 127, 128, 129, 130, 131
— du lait.....	163, 197
— digestion des.....	122
— formation dans les plantes.....	12, 13
— leur oxydation.....	122, 123
— leur rôle dans la nutrition.....	118
— pertes par l'ensilage.....	135
Aliments, cendres contenues dans les.....	132, 133, 193
— composition des.....	126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135
— digestibilité des.....	136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
— économie des.....	156, 157, 158, 159, 160

Aliments, fonctions des matières constitutives des.....	17
— influence sur le beurre.....	183, 184
— — — lait.....	181, 182, 183, 184
— matières constitutives des engrais dans les.....	193
— — digestives contenues dans les.....	151
— valeur comparative des.....	149, 150, 151
— variations dans la composition des.....	132, 133, 134, 135
Alumine du sol.....	29, 49
Amides.....	8, 139
— contenus dans la nourriture.....	126, 127, 128
— leur rôle dans la nutrition.....	119
Amidon dans les aliments.....	128
— dans les plantes.....	13
— influence sur la digestion.....	148
— valeur calorifique.....	119, 120
— au point de vue de la production du travail.....	169
— rôle dans la nutrition.....	119
Ammoniaque absorbée par le sol.....	27, 48, 96, 106
— — par les plantes.....	42
— contenue dans l'atmosphère.....	26
— contenue dans la pluie.....	26
— sa nitrification.....	61, 72
— sulfate d'.....	69
Animal adulte.....	166
Animaux à l'engrais.....	176, 177, 178, 179
— compositions des.....	111, 112, 113, 114, 115, 116
Anesse, lait de.....	163
Arbres, nourriture accumulée en automne.....	24
Argile.....	28, 29, 30
Asparagine.....	22, 112
Assimilation des plantes....	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
Atmosphère.....	25, 26
Augmentation en poids pendant l'engraissement....	116, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179
Avoine.....	78, 79, 91
— composition du grain d'.....	126, 127, 132, 193
— — de la paille d'.....	126, 127, 193
— digestibilité de la paille d'.....	138, 139
— — du grain d'.....	138, 141
— valeur comme engrais de la paille d'.....	193
— — — du grain d'.....	193
— valeur nutritive du grain d'.....	151, 153, 156
Azote, accumulation dans le sol.....	54, 82, 83, 98
— dans la pluie.....	26, 82, 83, 98

Azote	dans le sol.....	43, 44, 45
—	dans les produits animaux.....	112, 115
—	excrété par les animaux.....	189, 190, 191, 192
—	forme sous laquelle il est assimilé par les plantes...	16, 17
—	pertes pendant la rotation.....	105, 106, 107, 108
—	utilisé par les animaux.....	189
Bactéries, leur action sur le lait.....		201
—	oxydation par les.....	45, 46
Barattage.....		205, 206, 207
Besoins des animaux.....		166 à 196
Betteraves à sucre.....		85, 91
—	récoltes.....	78, 84, 91, 102
—	composition.....	126, 127, 133, 193
—	digestibilité.....	198
—	engrais pour.....	66
—	valeur comme engrais.....	193
—	valeur nutritive.....	156, 156, 184
Beurre.....		205, 206, 207, 208
Beurre aliments favorables à la production du.....		183, 184
Bile.....		122
Blé, engrais pour.....		74, 80
Bœuf, azote utilisé et rejeté par le.....		192
—	comparé à la vache.....	182
—	composition du.....	113, 114
—	éléments minéraux utilisés et rejetés.....	189
—	engraissement du.....	174, 175, 176
—	excréments du.....	192
—	pouvoir digestif.....	137, 138, 139
—	relation nutritive pour le.....	179
—	ration d'entretien.....	169
—	rendement net du poids vif.....	115
Bois, cendres de.....		69
—	composition du.....	8, 79
Poisson des animaux.....		158, 159
Brebis, lait de.....		163
Calcaire.....		68
Capillarité.....		32, 27
Carbonate de calcium.....		30, 60
Carbone dans le fumier de ferme.....		45
—	dans le sol.....	45
—	dans les plantes.....	8, 10, 90
—	dans les résidus laissés par les récoltes.....	45
Caséine.....		208
Cellules chlorophylliennes.....		14

Cellulose.....	8, 14, 140
— digestion de la.....	121, 122, 140
— valeur nutritive.....	121
Cendres, assimilées et rejetées.....	191, 192
— des aliments.....	121, 126, 131, 193
— des excréments.....	191, 192
— des plantes.....	8, 78, 79
— des produits animaux.....	115
Céréales.....	77, 78, 79, 95, 100,, 101
Chaleur animale, origine.....	117
— influence sur le sol.....	34, 35, 48
— influence sur la plante.....	11, 90
— valeur des aliments pour la production de la....	120, 152
Champignons.....	12, 45
Chaulage.....	68
Cheval, digestion chez le.....	141, 142
— ration de travail.....	170
Chèvre, digestion chez la.....	138
— lait de.....	163
Climat, influence du.....	90
Chlorures dans la pluie.....	26, 27
Coagulation du lait.....	201
Coefficient de digestibilité.....	137
Coloration des sols.....	34, 35, 36, 49
Colostrum.....	163, 197
Colza.....	74
Coprolithe.....	66
Composition des animaux.....	111, 113
— des végétaux.....	7, 10
Cornée (matière).....	112
Cornes et sabots.....	62
Coton (tourteaux de) composition.....	126, 127, 193
— — — digestibilité.....	138
— — — valeur comme engrais.....	193
— — — valeur nutritive.....	151, 153, 166
Couleur.....	212
Crème.....	201, 202, 203
Crémomètre.....	204
Cultures spéciales.....	77, 78, 79, 80, 81, 82
— caractères distinctifs.....	100
— engrais adaptés aux.....	87
— influence du climat.....	89, 90, 91
— résidus laissés par les.....	92, 93
— continues.....	95
— rotation des.....	74 à 109

Cuscoute	12
Déchets de laine	62, 63
Déjections des animaux	123, 124, 185 à 195
Désassimilation des tissus azotés	118
Développement des plantes	22, 23
Diffusion	16
— dans le sol	47
Digestibilité des aliments	136 à 147
— coefficient de	137
Digestion	121, 122
Drainage	51, 52
— eaux de	47, 48, 62, 95, 96
Drèche de brasserie	181
Eau de pluie	26, 27
— destinée aux animaux	158, 159
— influence sur les aliments	158, 159
— — le sol	30, 31, 32, 33, 34,
Ecobuage	53
Éléments minéraux, assimilés et rejetés	192
— -- des aliments	126, 131, 193
— -- des excréments	192
— -- des plantes	8, 78, 79
— -- des produits animaux	113
Engrais	54 à 75
— adaptés aux diverses cultures	87
— animaux 56, 174, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194	
— application des	71, 72, 73
— artificiels	72, 73, 74
— donnés par les différents aliments	192, 193, 194, 195
— énergiques, effets sur les récoltes	134
— liquides	195
— pour céréales	80
— pour foin ordinaire	81
— pour légumineuses	82
— pour les racines	84
— résidus laissés par les	73
— verts	97
Ensilage	135, 136
Entraînement, influence sur le travail	168
Erable, sève de l'	24
Estomac	121
— chez le bœuf	175
— chez le mouton	175
— chez le porc	175

Évaporation dans le sol	32, 33
— par les plantes	15
Excréments des animaux	185 à 195
Excrétion animale	123, 124
— végétale	18
Expériences	89
Fenaison	135
Fer dans le sol	49
Fermentation du fumier	57
— en silo	135, 136
Fertilité du sol	43 à 51
Feuilles, rôle des	11
Féveroles	78, 82, 103
— composition des fenes	138
— — des graines	126
— digestibilité des fenes	138
— — des graines	138, 141, 142
— valeur comme engrais des fenes	193
— — — des graines	193
— valeur nutritive des graines	151, 153, 156, 157
Fibres des aliments	126, 133
— digestion des	138, 143
Foin ordinaire	10, 78, 81
— — composition	126, 133
— — digestibilité	138, 148
— — valeur comme engrais	193
— — valeur nutritive	151, 153
Force dépensée dans la croissance	117
— production de la	118, 119, 167, 168, 169
— musculaire	167
Forêts, action sur l'atmosphère	12
— de hêtre	78, 86
— produits des	78, 86
— sol	46, 93
Formateurs de viande	118
Fourrages	81, 127, 131, 133, 135
— digestibilité des	136 à 149
— valeur nutritive	151, 153, 156
Fromage	208, 209, 210, 211
— perte par la vente du	115
Froment	77, 78, 87, 90, 87, 91, 92, 96, 100, 102
— composition de la paille	126, 193
— — du grain	126, 193
— digestibilité de la paille	133, 139, 146, 147
— — du son	133

32, 33	Froment, valeur comme engrais de la paille.....	198
15	— — — — du grain.....	193
3 à 195	— — — — du son.....	193
126, 124	— valeur nutritive de la paille.....	23, 151 à 159
18	— — — — du son.....	181, 182, 183
89	Fumier de ferme.....	56, 57, 58
135	— d'automne.....	72
49	Gélatineuses, matières.....	112, 118
57	Germination.....	21
135, 136	Glutamine.....	127
43 à 51	Graisse, digestion de la.....	122
11	— équivalent en amidon.....	121
82, 103	— dans le corps animal.....	112
138	— dans le lait.....	198, 199
126	— dans le rendement net.....	116
138	— dans les aliments.....	119
141, 142	— produite par les albuminoïdes.....	14, 119
193	— produite par les hydrates de carbone.....	14, 120
193	— valeur pour la production de la chaleur.....	152
156, 157	— — — — du travail.....	167
126, 133	Gravier.....	31
138, 143	Guano.....	59, 60
0, 78, 81	— de poisson.....	60
126, 133	Herbe de prairie.....	10, 78, 81, 97
138, 148	— — composition.....	10, 126, 127
193	— — digestibilité.....	136 à 143
151, 153	— — engrais pour.....	66, 81
117	— — valeur nutritive.....	151, 153, 156, 181
168, 169	— — variation dans la composition.....	132
167	Herbes mauvaises.....	98
12	Hiver, influence sur les cultures.....	92
78, 86	Huiles, influence sur la digestion.....	148
78, 86	Humus.....	34, 41, 42, 45, 98
46, 93	Hydrates de carbone, rôle dans la nutrition.....	119, 120
118	Hygrométrie.....	33
133, 135	Jachère nue.....	96
36 à 149	— verte.....	97
153, 156	— résultats de la.....	96
210, 211	Jeune animal, nutrition du.....	162
115	Kalnite.....	69, 81
100, 102	Kératine.....	113
126, 193	Labour, effets du.....	46, 51, 96
126, 193	Lactose.....	198
46, 147		
138		

Laine, composition.....	180
— déchets de.....	62
— production de la.....	180
— suint de.....	113, 180
Lait de beurre.....	208
— coagulation du.....	200, 201
— comparé aux autres aliments.....	164
— composition.....	197, 198, 199
— écrémé.....	204, 205
— pertes par la vente du.....	115
Laiterie.....	197 à 212
Laval, machine centrifuge.....	203
Légumineuses.....	82, 97, 98, 99
Leucine.....	127
Lignose, matières ligneuses.....	8, 129, 140
Lin, graines de.....	164
— composition des tourteaux de.....	138, 139
— digestibilité des tourteaux de.....	138, 139
— valeur comme engrais des tourteaux de.....	193
Litière.....	56
Lumière, action sur les plantes.....	11, 15, 90, 91, 117
Luzerne.....	82, 90, 93
— digestibilité de la.....	138, 141
Machine centrifuge.....	203
Maïs, composition.....	126, 127, 130, 132
— digestibilité.....	138, 141, 143
— valeur comme engrais.....	193
— valeur nutritive.....	151, 153, 156
Malt.....	22, 127
— germes de.....	126, 127, 193
— digestibilité des déchets de.....	138
— valeur comme engrais des déchets de.....	193
— valeur nutritive.....	151, 156
Marécage tourbeux.....	46, 68
Maturité, influence sur la composition des plantes....	24, 132, 133
Moutarde.....	108
Mouton à l'engrais.....	174, 175, 176, 177
— azote assimilé et rejeté.....	190, 191
— composition.....	113, 115
— composition de l'augmentation en poids.....	116
— éléments minéraux assimilés et excrétés.....	190, 191
— excréments.....	191
— pouvoir digestif.....	138, 139, 140
— ration d'entretien.....	169

Mouton, relation nutritive.....	178, 179
— rendement net du poids vif.....	116
Navets.....	78, 84, 87, 88, 89, 90, 102, 104
— composition.....	126, 127, 132
— digestibilité.....	138, 139
— valeur comme engrais.....	193
— valeur nutritive.....	151, 156, 160
— donnés en hiver.....	159
Navets de Suède, composition.....	126, 193
— — digestibilité.....	151
— — valeur comme engrais.....	193
— — valeur nutritive.....	151, 159, 160
Nitrate de soude.....	61, 71, 73
Nitrates, conservation des.....	48, 92, 100, 105
— formés dans le sol.....	16, 46, 52, 61, 92
— pertes par drainage.....	47, 72, 90, 92
Nitrification.....	16, 46, 52, 61, 98
Nutrition animale.....	117, 118, 119, 120, 121, 122, 123
— végétale.....	10, 11
Oléine.....	112
Oiseaux, digestion chez les.....	144
Orge.....	78, 80, 91, 102
— composition de la paille.....	126, 193
— — du grain.....	126
— digestibilité de la paille.....	138
— — du grain.....	151
— valeur comme engrais de la paille.....	193
— — — du grain.....	193
— valeur nutritive de la paille.....	151, 153, 156
— — — du grain.....	151, 153, 156
Orobanche.....	12
Os.....	112
— valeur comme engrais.....	63, 66, 72
— superphosphate d'.....	66
Oxydation des albuminoïdes.....	118, 122
Oxydation dans le sol.....	45
— dans les plantes.....	14
Oxyde ferrique.....	49
Paille des diverses récoltes.....	78 à 89
— composition.....	126, 127, 129, 132, 193
— digestibilité.....	138, 139, 145, 148
— valeur comme engrais.....	193
— valeur nutritive.....	151, 153, 156
Palmitine.....	112

Parties vertes des plantes.....	11, 12
Pâturages	10, 78, 91, 93, 97, 133
Peau, fonction de la.....	123, 124, 180
Pectine	120
Peptones.....	122
Pertes par le drainage.....	46, 48, 61, 72, 92, 105
— pendant la rotation.....	104, 105, 106, 107
Petit lait.....	212
Phosphates, assimilabilité.....	66
— minéraux.....	64
— précipités.....	64, 65
— solubles.....	64, 65
— Thomas.....	64
Pierres.....	33
Pin d'Ecosse.....	78, 86
Plantes à enracinement profond.....	102
— — superficiel.....	102
— annuelles.....	22
— bisannuelles.....	23
— fourragères.....	81, 82, 126, 127, 132, 133, 134, 135
— — digestibilité.....	136 à 149
— — valeur nutritive	151, 153, 156
— marines, employées comme engrais.....	59
— racines.....	78, 84, 101, 102
— vivaces.....	23
Plumes	112
Poils.....	63, 112
Pois.....	126, 127
— digestibilité.....	138, 151
— valeur nutritive.....	138, 153, 157
Pommes de terre.....	78, 84, 85, 148
— — composition.....	126, 127, 193
— — digestibilité.....	138, 149
— — engrais pour.....	66
— — valeur comme engrais.....	193
— — valeur nutritive.....	151, 153, 156
Pondération.....	110
Porcs à l'engrais.....	174, 175, 176, 177
— azote assimilé et excrété.....	189
— composition.....	112, 113, 114, 115, 116
— éléments minéraux assimilés et rejetés.....	189
— pouvoir digestif.....	143, 175
— relation nutritive.....	178, 179

Pores, rendement net en poids vif.....	115
Potasse dans le sol	43
— dans les aliments.....	193
— dans les engrais.....	69, 72, 77, 82, 84, 89
— dans les produits animaux.....	115
— dans les récoltes	78
— pertes pendant la rotation.....	105
Prairies.....	10, 78, 81, 98, 97
Présure.....	208, 209
Produits forestiers.....	78, 86
Propreté dans la laiterie.....	212
Ptyaline.....	122
Racines, fonctions des.....	15, 16
— profondes.....	102
— superficielles.....	102
Ration de maintien.....	169
— de production.....	153, 154
Recouvrement de la graine.....	22
Relation nutritive des aliments.....	155, 157, 158
— — des rations.....	163, 169, 179
— — du lait.....	163, 164
— — du lait battu.....	208
— — du lait écrémé	204, 205
— — du petit lait.....	212
Rendement net en poids vif.....	115, 116
Respiration des animaux.....	123
— des plantes.....	12
Restitution par engrais liquides.....	195
— nécessité de la.....	54
— engrais complémentaires.....	71, 72
— résidus laissés par les engrais.....	73, 74
Résultats hebdomadaires pendant l'engraissement.....	174, 177
Roches, décomposition des.....	29, 39, 40
Rotation des récoltes.....	95
— pertes pendant la	104, 105, 106, 107, 108, 109
Ruminants, digestion chez les.....	121, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 148
Sable.....	28, 43
Sabots et cornes.....	62
Sainfoin.....	82, 90, 93
Saison, influence de la.....	23, 24, 90, 91, 132, 138
Salive.....	121

Sang.....	123
— desséché.....	62, 72
Sapin.....	78, 86
Sarcine.....	112
Saveur des aliments.....	161
Scories, Thomas.....	64
Seigle.....	80
— digestibilité du son de.....	143
Sel de cuisine.....	69
— — influence sur la digestion.....	149
Semelles, profondeur.....	22
Sève d'érable.....	24
— dans les plantes.....	12, 16, 17, 24
Silicates dans le sol.....	29, 49
Silice dans les plantes.....	10, 18, 19, 20, 77
Sol, coloration.....	49
— composition.....	27, 28
— circulation des sels dans le.....	47, 48
— écobuage.....	53
— engrais distribués à la surface.....	72
— forestier.....	46
— nourriture de la plante dans le.....	43, 44, 51
— origine.....	39
— poids par acre.....	43
— pouvoir absorbant.....	48
— relations entre l'eau et le.....	30
— — — la chaleur et le.....	34
— vierge.....	54
Son de froment, composition.....	126, 127, 193
— — digestibilité.....	138
— — valeur nutritive.....	151, 153, 156, 182
— de seigle, digestibilité.....	143
Sources de la force animale.....	118
— de la chaleur animale.....	118
Stéarine.....	112
Suc gastrique.....	122
— pancréatique.....	122
Sucre des plantes.....	13, 22, 24
— de lait.....	198
— influence sur la digestion.....	148
— rôle dans la nutrition.....	121
— valeur calorifique.....	121
Sulé.....	62

Suint.....	113, 190
Sulfates dans la pluie.....	27
— d'ammoulum.....	60, 61, 71, 72, 73
Sulfocyanates.....	61
Superphosphate.....	65, 66, 67, 71, 88, 89, 102
— d'os.....	66
Température du sol.....	35
— influence sur les animaux.....	158, 159, 177
— — — végétaux.....	11, 90
— — — sur le sol.....	46
Tourteaux, composition des.....	126
— engrais provenant des.....	193, 194
Transpiration cutanée.....	123, 173, 190
— des plantes.....	15
Travail externe.....	167
— interne.....	167, 168, 177
— production du.....	118, 119, 166, 170, 172
Trèfle.....	78, 82, 98, 99, 102
— composition du foin de.....	126, 127, 131, 193
— digestibilité du foin de.....	138, 139, 141, 142
— valeur comme engrais du foin de.....	193
— valeur nutritive du foin de.....	151, 153, 158
Truie, lait de.....	163
Trypsine.....	122
Tyrosine.....	122
Urée, formation de l'.....	119
Urine.....	123, 124, 188, 195
Utilisation des engrais par les récoltes.....	73, 74
Vache, azote du lait et azote excrété.....	189
— comparée au bœuf.....	182
— éléments minéraux du lait et éléments minéraux excré-	
— tés.....	189
— laitière, alimentation de la.....	181, 182, 183
Veau, composition du.....	113, 114
Végétation naturelle.....	54
Vente des produits.....	104, 105, 106
Vers.....	45, 53
Viande, farine de, poudre de.....	63

OBSERVATIONS

- P. 12 dernière ligne, lisez à *la*, à l'endroit où il y a du blanc.
- P. 15, 2e ligne, ajoutez après le mot *déjà*, le mot *formés*.
- P. 26, 15e ligne, supprimez le mot *nitreux* à la fin de la ligne.
- P. 46, 14e ligne, supprimez la phrase commençant par les mots : *elles se trouvent* et finissant par les mots : *nitrate de chaux*.
- P. 49, 12e ligne, lisez *elle* au lieu de *il*.
- P. 53, 9e ligne, lisez *silicates* au lieu de *nitrates*.
- P. 71, 7e ligne, lisez *Si l'on* au lieu de *L'on* et à la dernière ligne, lisez *Ces* au lieu de *Les*.
- P. 80, 20e ligne, lisez *végétative* au lieu de *végétation*.
- P. 91, 6e ligne, lisez *elle* au lieu de *il*.
- P. 108, 11e ligne, lisez *ce trèfle* au lieu de *cette orge*, à la 10e ligne, lisez *des* au lieu de *ces*.
- P. 113, 1ère ligne, insérez, entre les mots *de* et *calcium*, ces mots : *phosphate de*.
- P. 139, 31e ligne, après le mot *et* ajoutez le mot *des*.
- P. 146, 11e ligne, lisez *ces fourrages* au lieu de *elles*.
- P. 175, 8e ligne, supprimez le mot *gras*.
- P. 182, au commencement de la 15e ligne, ajoutez le mot *et*.
- P. 183, 12e ligne, lisez *nature* au lieu de *nation*.

Nous ne signalons pas les quelques fautes typographiques qui se sont glissées dans cet ouvrage ; elles sont légères et le lecteur les rectifiera aisément.